

This volume was digitized through a
collaborative effort by/ este fondo fue
digitalizado a través de un acuerdo
entre:

Biblioteca General de la
Universidad de Sevilla

www.us.es

and/y

Joseph P. Healey Library at the
University of Massachusetts Boston

www.umb.edu









$$\begin{array}{r}
 20 \overline{) 57000} \cdot 2850 \\
 \underline{40} \\
 170 \\
 \underline{160} \\
 100 \\
 \underline{100} \\
 \hline
 \end{array}$$

355 est à 113. Comme 7200.

Int 153

W 052

NORTHERN TRAILS
NAVIGATION

M. M. H.

NOUVEAU TRAITÉ
DE
NAVIGATION.

24

NOUVEAU TRAITE
DE
NAVIGATION

NOUVEAU TRAITÉ
D E
NAVIGATION,
CONTENANT
LA THÉORIE ET LA PRATIQUE
DU PILOTAGE.

Par M. **BOUGUER**, de l'Académie Royale des
Sciences, Honoraire de l'Académie de Marine,
ci-devant Hydrographe du Roi au Port
du Croisic & au Havre-de-Grace.

Signon



l'année 1778.

A PARIS,
Chez **HIPPOLYTE-LOUIS GUERIN**; &
LOUIS-FRANÇOIS DELATOUR, rue S.
Jacques, à Saint Thomas d'Aquin.

M. DCC. LIII.
Avec Approbation & Privilège du Roi.

NOUVEAU TRAITE
DE
NAVIGATION
CONTENANT
LA THEORIE ET LA PRATIQUE
DU PILOTAGE.

Par M. BOUGUER, de l'Académie Royale des
Sciences, Honoraire de l'Académie de Marine,
Lieutenant Hydrographe du Roi au Port
du Croisic &c au Havre-de-Grace.



A PARIS,
Chez HIPPOLYTE-LOUIS GUERIN, &
LOUIS-FRANÇOIS DELATOUR, rue St.
Jacques, à Saint Thomas d'Aquin.

M. DCC. LIII.
Avec Approbation & Privilège du Roi.

P R É F A C E.

JE satisfais par la publication de cet Ouvrage, à un engagement que j'avois contracté il y a quelques années, & je remplis en même tems des ordres supérieurs auxquels j'ai dû me conformer avec empressement. M. Rouillé ayant considéré que dans l'art de naviguer la Théorie devoit éclairer continuellement la Pratique, & que d'un autre côté la Pratique ne devoit rien emprunter inutilement de la Théorie, me fit l'honneur de me demander un Traité de Pilotage sur ce plan. J'ai travaillé à exécuter ces ordres, & je n'ai fait autre chose dans cet Ouvrage, que tâcher de me conformer aux vûes éclairées d'un Ministre, qui continuellement occupé du soin de procurer de nouveaux progrès à la Marine, protège toutes les Sciences qui y ont rapport.

Parmi le grand nombre de Traités qu'on trouve sur cette matière, plusieurs ont mérité successivement l'approbation du Public. On sçait combien les auteurs qui écrivent les derniers sur un pareil sujet, ont d'avantage sur ceux qui les ont précédés. Le P. Dechaies qui l'avoit déjà examiné dans son cours de Mathématiques, en traita en 1677. dans un Ouvrage exprès. Son Livre très-digne du

nom de l'Auteur, & un des meilleurs que nous ayons, représentoit exactement l'état des connoissances qu'on avoit alors : on pouvoit seulement lui reprocher qu'il supposoit aux Lecteurs des lumières, dont quelques-uns devoient manquer. Feu mon pere entra dans un plus grand détail en composant *le Traité complet de la Navigation* ; il expliqua plus à fond les différentes pratiques des Pilotes, laissant à part les questions purement spéculatives, ou même Philosophiques, dont le P. Dechaies s'étoit peut-être trop occupé. Le *Traité complet de la Navigation* a été imprimé plusieurs fois ; & je crois que je ne serai démenti de personne, lorsque je dirai qu'on l'a regardé pendant long-tems comme le Livre presque unique qu'on eût sur ces matières. Mais les éditions s'en sont épuisées : outre cela toutes les Sciences ayant reçu diverses augmentations, la liaison qu'elles ont entr'elles ne pouvoit qu'être avantageuse à la Marine : l'art de naviguer, lorsque mon pere écrivoit en 1698. & 1706. n'étoit pas absolument parvenu au degré de perfection où nous le voyons aujourd'hui.

C'est ce qui m'a rendu indécis pendant quelque tems sur le parti que je suivrois. Je pouvois procurer une nouvelle édition du *Traité complet*, y joindre par forme d'additions les nouvelles observations qu'on a faites sur cette partie de la Mari-

ne , & mes remarques particulières. Rien n'étoit plus conforme à mon inclination ; je jugeois aussi que ce projet m'engageroit dans un moindre travail. Tout considéré , il m'a paru que je remplirois mieux les intentions du Ministre , & que je pourrois , je ne dis pas faire un livre plus utile , mais me le proposer , en composant un Ouvrage tout nouveau , où parfaitement libre à l'égard de l'arrangement des choses , je ferois en sorte que les anciennes & les nouvelles se prêtassent réciproquement plus de jour.

J'ai supposé, comme mon pere, que les Lecteurs n'eussent aucune teinture de Géométrie ; ce qui m'a obligé de donner quelques légères notions de cette science dans le premier des cinq livres qui composent ce Traité. Si on ne remontoit pas ainsi aux premiers élémens , on priveroit la Marine d'un grand nombre de sujets très-propres à devenir d'excellens Pilotes , qui n'iroient pas puiser dans d'autres sources les connoissances préliminaires dont ils auroient besoin. Il faut par la même raison donner des élémens de la Sphère , entrer dans l'explication du mouvement des Cieux , & de la situation des Astres. Nous n'allons effectivement, en traversant les mers , chercher avec certitude une terre éloignée , que par une continuelle application de l'Astronomie & de la Géométrie à la Marine ; c'est même ce qui fournit peut-être la preuve la

plus frappante aux yeux de plusieurs personnes ; de l'utilité réelle de ces deux Sciences. L'art du Pilote n'en est pas moins simple ; mais la diversité des matières qu'il embrasse , fait qu'il y a quelque difficulté à les bien arranger , & qu'on trouve des inconvéniens réels dans toutes les dispositions qu'on peut choisir.

Si l'on se bornoit à la seule énonciation des règles ou des pratiques , cet art ne seroit plus pour le Navigateur qu'une affaire de mémoire , & , si on le peut dire , de routine. Mais outre qu'il est beaucoup plus difficile de retenir des choses qui ne sont point liées les unes avec les autres , les connoissances du Navigateur se trouveroient alors trop imparfaites , pour qu'on pût y prendre une entière confiance. Il est certain qu'on ne nous instruit jamais mieux ni plus aisément , que lorsqu'on nous fait au moins entrevoir les raisons des choses qu'on nous explique. L'enchaînement des matières fait qu'elles se placent comme d'elles-mêmes dans l'esprit , qu'elles s'y gravent plus profondément ; l'intelligence qu'on nous donne des unes , nous aide à concevoir les autres , & nous en rend comme Inventeurs. Je n'avance pas légèrement ce que je dis ici en faveur de cette manière d'enseigner. Mon témoignage est fondé sur vingt années d'expérience , pendant lesquelles j'ai eu l'avantage de former un grand nombre de Pilotes.

Mon

Mon frere m'a remplacé dans un des deux Ports où j'ai demeuré ; il suit encore la même méthode , dont la bonté est continuellement justifiée par le succès de ses leçons publiques , qui invitent un grand nombre de jeunes Marins à se rendre au Croisic.

Non seulement les Pilotes prennent plus promptement une connoissance parfaite de leur Art , lorsqu'on le fonde sur de bons principes , celle qu'ils acquièrent est encore plus durable & plus sûre. La Théorie les guidant sans cesse dans l'exécution , les fait parvenir beaucoup plutôt à cette pratique ou habitude qui leur est si nécessaire , par laquelle ils opèrent avec facilité.

L'espèce de Pratique dont nous parlons ici ne peut s'acquérir qu'à la mer , & par un long exercice ; elle est très-différente de celle qui consiste dans la science des faits. Cette dernière peut , à divers égards , faire partie de la Théorie ; au lieu que la première devient une qualité personnelle qu'il faut que chaque Marin contracte par un travail opiniâtre , & qui ne se communique pas. Le Pilote , à force de répéter les mêmes opérations , doit y réussir avec la même adresse , que s'il étoit conduit par un instinct naturel. Mais on voit assez , que pour qu'il agisse , il faut qu'il ait un but , & qu'il ait été parfaitement instruit de ce qu'il doit exécuter. La Pratique est comparable à la main qui

travaille, pendant que la Théorie tient lieu de l'esprit qui dirige avec lumière. Quoique les règles du Pilotage soient aussi simples que générales, elles demandent toujours à être modifiées selon les différens cas ; & il n'est pas douteux que la Théorie seule ne doive prescrire ces changemens.

J'ai eû connoissance d'un Pilote trop simple Praticien, qui se trompoit continuellement dans la réduction des lieues de longitude en degrez : il comptoit dans un sens contraire sur le Quartier de réduction, les degrez du moyen parallèle. Il fit divers voyages sans s'appercevoir de son erreur : il partoit toujours des mêmes côtes de l'Europe pour aller vers l'Amérique Septentrionale en courant à l'Ouest. La latitude par laquelle il naviguoit, en allant comme en revenant, différoit peu de 45. degrez ; & il lui étoit presque égal de se servir du complément du moyen parallèle, ou du moyen parallèle même. Il trouvoit toujours néanmoins à l'atterrage quelque différence, qu'il attribuoit comme à l'ordinaire aux courans ou à l'imperfection des Cartes Marines. Ce Pilote s'étant ensuite embarqué pour une des Antilles, continua d'opérer selon sa méthode défectueuse. L'erreur devint alors énorme ; & on juge des suites funestes qu'elle auroit eûes, s'il se fût trouvé seul chargé de la conduite du Navire, comme cela arrive quelquefois. Heureusement pour lui il parvint enfin à l'éclaircissement

dont il avoit besoin ; mais il ne croyoit qu'avec peine & avec le plus grand étonnement ce qu'on lui apprenoit ; il s'imaginait qu'on ne lui parloit pas d'une manière sérieuse , ou qu'on vouloit le tromper.

Un semblable fait & plusieurs autres , dont le fort est de rester enseveli dans les ténèbres , montrent qu'il est extrêmement nécessaire que les Pilotes aient assez de Théorie pour pouvoir se rendre compte à eux-mêmes de la bonté de leurs opérations. On n'a pas d'autre moyen de les empêcher de se tromper dans une matière où les moindres fautes tirent à conséquence. D'ailleurs l'obligation qu'on leur impose n'est pas pénible ; quelques mois d'une étude sérieuse leur suffisent. C'est en effet une des preuves de la perfection de leur art, qu'ils puissent l'exercer sans être instruits de toute la Théorie qui a servi à l'inventer. Ce n'est ni la pratique aveugle , ni l'expérience grossière qui ont fait découvrir les diverses méthodes que nous avons de réduire les routes ; qui ont fait imaginer les différens instrumens dont on se sert pour observer la hauteur des Astres ; qui ont réglé tous les calculs & les autres opérations qu'on emploie sur mer. Ce sont des personnes habiles dans les Mathématiques , qui sur l'exposition des besoins des Marins , ont fait à terre ces découvertes ou ces différentes applications , qui rendent cette par-

tie de l'Art de naviguer si simple. Il faut sans doute que les Hydrographes puissent se mettre à la place de ces premiers inventeurs , & qu'ils voyent distinctement les dernières raisons de toutes les choses qu'ils expliquent. Il est indispensable qu'ils soient plus versés dans la Théorie , afin qu'il soit permis aux Pilotes de l'être moins. Le Pilote tourné avec raison du côté de la pratique , sa partie principale , se renferme trop souvent dans le petit nombre de préceptes dont il fait un usage actuel , & il est exposé à perdre de vûe tous les autres. Mais il faut que l'Hydrographe puisse former des Pilotes qui entreprennent des voyages vers toutes les extrémités de la Terre , ou qui pénètrent dans toutes les Régions Maritimes.

Cette distinction , sur laquelle nous venons d'insister , est beaucoup plus importante que plusieurs personnes ne pourroient le penser. On l'a senti dans tous les tems , & on y a fait une très-expressé attention , lorsqu'on a voulu que les Professeurs d'Hydrographie qu'on a installés dans les Ports , fussent toujours suffisamment exercés dans les Mathématiques. Le Ministère vient de faire un autre établissement , qui , quoique d'un genre tout différent , montre combien il est convaincu que la spéculation & la pratique se prêtent réciproquement les plus grands secours. On voit sans doute que je veux parler de l'Académie de Marine

établie à Brest, dont on est en droit d'attendre les plus grandes choses ; on sçait qu'en joignant à la connoissance la plus complète des faits, les réflexions que suggère la spéculation la plus profonde, elle discutera avec soin tout ce qui concerne la Navigation. Il faut que la Théorie y soit regardée comme bien recommandable, puisque de simples essais de ma part, qui ne sont propres qu'à montrer ma bonne volonté, ont déterminé M. Rouillé à me procurer l'agrément du Roi pour une place d'Académicien Honoraire dans cet illustre corps, auquel il m'est infiniment flateur d'être attaché.

Il me reste, vû l'objet que je me suis proposé dans cet Ouvrage, à marquer la manière dont je crois que les Commençans en peuvent retirer plus de fruit. Il ne suffit pas de lire simplement les Traités de cette espèce, il faut les étudier avec soin, en insistant sur chaque matière. On se bornera d'abord aux deux premiers Livres, dont on fera à part tous les calculs, & on exécutera en même-tems avec la règle & le compas les figures dont la construction est expliquée. On pourra, dans une première lecture, passer tous les endroits marqués à la marge par ces espèces de doubles virgules qu'on nomme *Guillemets* : on s'en épargnera même toujours la lecture, si l'on n'aspire qu'aux seules connoissances absolument

nécessaires. Lorsqu'on possédera les deux premiers Livres , on sera déjà considérablement avancé ; on aura vû l'usage des Cartes marines , & on se sera formé une notion assez distincte des pratiques les plus générales employées sur Mer. Rien n'empêchera après cela de passer aux Livres suivans ; & on s'arrêtera , si l'on veut , à la fin de la première Section du cinquième. Je ne crois pas qu'en observant cet ordre , on puisse trouver aucune difficulté dans la lecture de cet Ouvrage. J'ai fait mes plus grands efforts pour tâcher de le rendre utile , & je ferai extrêmement satisfait si j'y ai réussi.



T A B L E

*Des Chapitres du Nouveau Traité de
Navigation, contenant la Théorie & la
Pratique du Pilotage.*

L I V R E P R E M I E R,

Dans lequel on donne les premières connois-
sances de Géométrie qui sont utiles ou
nécessaires aux Pilotes, Page I

C HAPITRE I. Du Cercle & de sa division en degrez ,	2
C HAP. II. Des différentes situations que peuvent avoir deux lignes droites l'une par rapport à l'autre ,	7
Méthodes de mesurer les Angles ,	8
C HAP. III. Des Triangles ,	16
C HAP. IV. De l'Echelle de Dixme & de la construction de plusieurs autres Echelles ,	20
C HAP. V. Usage des Triangles semblables pour mesurer les distances inaccessibles, lever des Plans, &c.	23
Déterminer les distances par la vitesse du Son ,	31
Moyen de faire un Pendule dont les oscillations soient précisément d'une Seconde de tems ,	32
C HAP. VI. De la résolution des Triangles par le Calcul, ou principes de Trigonométrie ,	ibid.
Trouver la largeur du Pas de Calais par la Trigo- nométrie ,	38
Trouver par la Trigonométrie le nombre de degrez com- pris entre le Soleil & le point le plus haut du Ciel ,	40

<i>Moyen d'abrégé les Calculs précédens par les Logarithmes,</i>	Page 42
<i>Table des Sinus, Tangentes, Sécantes, &c.</i>	46
<i>Table des Logarithmes des Nombres absolus,</i>	52

L I V R E S E C O N D,

Dans lequel on donne une idée générale du Pilotage, en traitant de la figure & de la grandeur de la Terre, de la construction & de l'usage de la Bouffole, des Cartes Marines, &c.

C H A P I T R E I. <i>Des principaux points de la Terre, de sa figure & de sa grandeur,</i>	56
<i>Des cinq Zones,</i>	61
<i>De la Latitude & de la Longitude,</i>	63
<i>De la grandeur des Degrez terrestres & de la grosseur de la Terre,</i>	70
C H A P. II. <i>De la construction de la Bouffole & de son usage pour reconnoître la direction que suit le Vaisseau,</i>	75
<i>Méthode de toucher ou d'aimanter les Aiguilles des Bouffoles,</i>	78
<i>Méthode de faire des Aimans artificiels,</i>	80
<i>De la Rose de la Bouffole & de sa division en Aïrs ou Rumbs de vent,</i>	82
<i>Description d'un nouveau Compas de variation,</i>	86
<i>Mesurer avec le Compas de variation l'Angle de la Dérive ou l'Angle que fait la route avec la longueur du Navire,</i>	88
<i>Méthodes de découvrir la variation de la Bouffole,</i>	91
C H A P. III. <i>De la maniere de mesurer par le Loch, le sillage du Navire,</i>	95
	De

DES CHAPITRES. xvij

De l'imperfection du Loch construit selon la méthode ordinaire, avec le moyen de corriger cet Instrument,

Page 98

Méthode de déterminer la vitesse du Sillage par la force de l'impulsion de l'eau,

105

CHAP. IV. *De la construction des Cartes Marines & de leurs usages,*

111

Des lignes courbes que les Rumbs de vent suivent sur le Globe, & de la forme qu'on a été obligé de donner en conséquence aux Cartes réduites,

112

Construction des Carres réduites,

116

CHAP. V. *Opérations ou Pratiques sur les Cartes Marines,*

121

CHAP. VI. *Remarques générales sur la Navigation, sur la manière de s'approcher de terre, de sonder, &c.*

137

De l'ordre que les Pilotes doivent mettre dans la réduction de leurs Routes,

141

De la manière de sonder,

145

CHAP. VII. *Du Flux & Reflux de la Mer,*

149

Conclusion du second Livre.

159

LIVRE TROISIÈME,

Dans lequel on donne les premières Notions d'Astronomie qui sont utiles aux Navigateurs.

CHAPITRE. I. *De la situation des Etoiles fixes, & de leur mouvement apparent du Levant vers le Couchant,*

161

De la Déclinaison & de l'Ascension droite des Astres en général, & de celles des Etoiles en particulier,

163

Reconnoître les Etoiles en consultant les Cartes du Ciel,

166

CHAP. V. Moyens de déterminer l'heure qu'il est lorsqu'on est en Mer, & de régler avec exactitude les Horloges, soit par l'instant du Lever & du Coucher du Soleil, soit autrement,	277
Table du Lever & du Coucher du Soleil,	298
CHAP. VI. Trouver l'amplitude ou la distance du Lever ou du Coucher du Soleil au vrai point de l'Orient ou de l'Occident,	300
Trouver l'Azimuth ou le vrai Rumb de vent auquel répond un Astre, lorsqu'il est à une certaine hauteur,	303
Table des Amplitudes,	306
CHAP. VII. Connoissant le vrai Rumb de vent, ou la vraie direction dans laquelle est un Astre, & la direction à laquelle il répond sur la Boussole, trouver la variation,	308
De deux différentes manières d'avoir égard à la variation de la Boussole,	312
CHAP. VIII. Méthodes de trouver immédiatement la Longitude, lorsqu'on est en Mer,	313
Trouver la Longitude en Mer par la variation de la Boussole,	ibid.
Trouver la Longitude par les Eclipses des Satellites de Jupiter,	316
Trouver la Longitude en Mer par le passage de la Lune par le Méridien,	319



LIVRE CINQUIÈME,
De la Résolution des Routes de Navigation
par diverses Méthodes.

PREMIÈRE SECTION,

Dans laquelle on explique la manière de naviguer
par le Quartier de Réduction.

CHAPITRE I. Description du Quartier de Réduction, & usage de cet Instrument,	326
Trouver combien une Route porte vers le Nord ou vers le Sud, vers l'Est ou vers l'Ouest,	327
Réduction des Lieues courues au Nord ou au Sud en degrez de différence en Latitude,	329
Méthode de réduire en degrez de Longitude les Lieues avancées vers l'Est ou vers l'Ouest,	333
CHAP. II. Résolution des six Problèmes généraux de Navi- gation par le Quartier de Réduction,	337 & suiv.
CHAP. III. Détail des Opérations qu'on nomme Corrections,	353
Nouvelle manière de faire les Corrections,	361
CHAP. IV. Des Règles composées par le Quartier de Rédu- ction,	366
Usage de la Règle composée, lorsqu'on navigue dans un endroit où il y a des courans,	369
Des Règles composées avec correction,	370
Remarques sur les Règles composées, lorsqu'on a été plusieurs jours sans observer hauteur,	375
Table de la diminution qu'il faut faire à la différence en longitude, en conséquence de la figure de la Terre qui n'est pas exactement ronde,	378

SECONDE SECTION,

Dans laquelle on explique la Résolution des Routes de Navigation par diverses Méthodes, soit en se servant de la Règle & du Compas, soit en employant seulement le Calcul,

379

CHAPITRE I. *De la Réduction des Routes par le Compas de proportion & par l'Echelle des Cordes simples,*

380

CHAP. II. *Méthode de résoudre les Routes de Navigation, en se servant des Tables des Sinus & des Logarithmes,*

391

CHAP. III. *Méthode de résoudre les Problèmes de Navigation par l'Echelle des Logarithmes nommée vulgairement Echelle Angloise,*

410

CHAP. IV. *De la construction des Tables des Latitudes croissantes, & de la manière de s'en servir pour résoudre les Problèmes de Navigation,*

412

Fin de la Table.

ERRATA.

Page 65. ligne 11. & 12. dans le Livre suivant : lisez : dans le Livre IV.
Page 83. ligne 7. au milieu de deux balanciers : lisez : au milieu d'un ou de deux balanciers.

Page 92. 93. 94. Effacez du haut des marges : Figure 47.

Page 97. ligne 32. en faire durer : lisez : ne faire durer.

Page 128. ligne 5. le quart de la distance : lisez : le tiers de la distance.

Page 304. ligne 17. qui fait le vertical : lisez : que fait le vertical.

Extrait des Registres de l'Académie Royale des Sciences.

Du 25. Novembre 1752.

MESSIEURS NICOLE & D'ARCY, qui avoient été nommés pour examiner un Ouvrage de M. BOUGUER, intitulé : *Nouveau Traité de Navigation, contenant la Théorie & la Pratique du Pilotage*, en ayant fait leur rapport, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'Impression : en foi de quoi j'ai signé le présent Certificat. A Paris ce 25. Novembre 1752.

Signé, GRANDJEAN DE FOUCHY, Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale des Sciences.

P R I V I L E G E D U R O I.

LOUIS par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre, à nos amés & féaux Conseillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conseil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Justiciers qu'il appartiendra, SALUT. Nos bien-amés LES MEMBRES DE L'ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES de notre bonne Ville de Paris, nous ont fait exposer qu'ils auroient besoin de nos Lettres de Privilège pour l'impression de leurs Ouvrages : A CES CAUSES, voulant favorablement traiter les Exposans, nous leur avons permis & permettons par ces Présentes de faire imprimer, par tel Imprimeur qu'ils voudront choisir, toutes les Recherches ou Observations journalieres, ou Relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les Assemblées de ladite Académie Royale des Sciences, les Ouvrages, Mémoires ou Traités de chacun des Particuliers qui la composent, & généralement tout ce que ladite Académie voudra faire paroître, après avoir fait examiner lesdits Ouvrages, & qu'ils sont jugé dignes de l'impression, en tels volumes, forme, marge, caractères, conjointement ou séparément, & autant de fois que bon leur semblera, & de les faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de vingt années consécutives, à compter du jour de la date des Présentes ; sans toutefois qu'à l'occasion des Ouvrages ci-dessus spécifiés, il puisse en être imprimé d'autres qui ne soient pas de ladite Académie : faisons défenses à toutes sortes de personnes, de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre obéissance ; comme aussi à tous Libraires & Imprimeurs d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre & débiter lesdits Ouvrages, en tout ou en partie, & d'en faire aucunes traductions ou extraits, sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit desdits Exposans, ou de ceux qui auront droit d'eux, à peine de confiscation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans ; dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel Dieu de Paris, & l'autre tiers ausdits Exposans, ou à celui qui

aura droit d'eux , & de tous dépens , dommages & intérêts ; à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris , dans trois mois de la date d'icelles ; que l'impression desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume , & non ailleurs , en bon papier & beaux caractères , conformément aux Réglemens de la Librairie ; qu'avant de les exposer en vente , les Manuscrits ou Imprimés qui auront servi de copie à l'impression desdits Ouvrages , seront remis es mains de notre très-cher & féal Chevalier le Sieur DAGUESSEAU , Chancelier de France , Commandeur de nos Ordres , & qu'il en fera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliothèque publique , un en celle de notre Château du Louvre , & un en celle de notre dit très-cher & féal Chevalier le Sieur DAGUESSEAU , Chancelier de France , le tout à peine de nullité desdites Présentes : du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir lesdits Exposans & leurs ayans cause , pleinement & paisiblement , sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voyons que la copie des Présentes qui sera imprimée tout au long , au commencement ou à la fin desdits Ouvrages : soit tenue pour dûement signifiée , & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amez , féaux Conseillers & Secrétaires , foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis , de faire , pour l'exécution d'icelles , tous actes requis & nécessaires , sans demander autre permission , & nonobstant Clameur de Haro , Charte Normande & Lettres à ce contraires ; CAR tel est notre plaisir. DONNE' à Paris le dix-neuvième jour du mois de Mars , l'an de grace mil sept cens cinquante , & de notre Règne le trente-cinquième. Par le Roi en son Conseil. M O L.

Registré sur le Registre XII. de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris , N^o. 430. fol. 309. conformément au Règlement de 1723 , qui fait défenses , article 4. à toutes personnes , de quelque qualité qu'elles soient , autres que les Libraires & Imprimeurs , de vendre , débiter & faire afficher aucuns Livres pour les vendre , soit qu'ils s'en disent les Auteurs ou autrement ; à la charge de fournir à la susdite Chambre huit Exemplaires de chacun , prescrits par l'art. 108. du même Règlement. A Paris le 5. Juin 1750. Signé , L E G R A S , Syndic.



NOUVEAU TRAITÉ
DE NAVIGATION,
CONTENANT LA THEORIE ET LA PRATIQUE
DU PILOTAGE.

LIVRE PREMIER.

Dans lequel on donne les premières connoissances de Géométrie, qui sont utiles ou nécessaires aux Pilotes.

ON peut diviser l'Art de naviguer en trois parties, l'Architecture navale ou la Construction des Vaisseaux, le Pilotage & la Manœuvre. L'Architecture navale est exercée à terre par des personnes qui s'y livrent entièrement, & qui sont obligées d'acquérir beaucoup de connoissances dont les Marins n'ont pas absolument besoin. Ainsi nous devons considérer le Vaisseau comme

A

déjà construit ; nous devons supposer qu'il est déjà prêt à mettre à la voile , & qu'il s'agit de le conduire en mer. C'est en cela que consiste particulièrement la science des Navigateurs ; ils doivent savoir le Pilotage & la Manœuvre qui font l'objet de deux emplois très-différens.

Le *Pilotage* dont nous nous occupons actuellement , nous apprend à connoître toutes les particularités de la route du Vaisseau , & nous met non-seulement en état de déterminer en quel endroit de la mer nous nous trouvons dans chaque instant de notre navigation ; mais aussi de marquer la direction précise que nous devons suivre , pour aller aborder au Port où nous nous proposons de nous rendre. On distingue ordinairement deux sortes de Pilotages. La Navigation est appelée *Hauturière* , lorsqu'on avance en pleine mer ou qu'on traverse l'Océan : on la nomme *Hauturière* ; parce que le Pilote n'étant plus dirigé par la vûe des côtes , est obligé d'observer les Astres & de prendre *hauteur* , comme nous aurons soin de l'expliquer. L'autre espèce de Navigation est le *Cabotage* , qui consiste à aller de cap en cap ou le long des côtes , sans perdre ordinairement la terre de vûe.

Après que nous aurons expliqué les règles du Pilotage dans cet Ouvrage , nous pourons dans la suite traiter de la *Manœuvre* , qui est l'art de donner au Vaisseau par le moyen du vent & des voiles tous les mouvemens nécessaires. Les règles du Pilotage prescrivent la route qu'on doit prendre ; mais il faut se conformer aux règles de la Manœuvre & orienter les voiles ou les disposer d'une manière convenable , pour obliger le Vaisseau d'embrasser effectivement la route qu'on veut suivre , & pour le faire *singler* ou marcher avec vitesse.

Le Pilotage de même que toutes les autres parties de la Marine , empruntent plusieurs termes & diverses connoissances de la Géométrie. Nous les indiquerons ici d'une manière succincte , en évitant souvent pour nous

rendre plus intelligibles la méthode abstraite & rigoureuse dont fait usage cette dernière science, qui a pour objets la figure & la mesure des corps.

CHAPITRE PREMIER.

Du Cercle & de sa division en degrez.

(Voyez Fig. 1.)

I. **C**OMME nous ne nous proposons de donner ici que les notions de Géométrie, qui sont les plus communes, & qui ont rapport à la Pratique du Pilotage, il est à propos que le Lecteur ait à la main une regle & un compas, & qu'il exécute la plupart des Opérations que nous indiquerons. Il s'exercera à mesure qu'il avancera dans sa lecture, à former des figures plus grandes que celles que nous avons tracées dans nos planches. Non-seulement il réussira par ce moyen à se rendre plus familières des idées qu'il doit avoir souvent présentes ; il acquerra aussi une plus grande facilité à manier la regle & le compas, ce qui lui sera avantageux dans une infinité de rencontres.

2. Tous les Lecteurs savent qu'un Cercle est une figure plane parfaitement ronde. On appelle le *Centre* du Cercle, le point qui est exactement au milieu. On a marqué ce point dans la *Figure première* par la lettre C.

3. La ligne courbe qui environne le cercle, & qu'on a marquée par les lettres *A B D E*, est appelée *Circonférence* : on dit dans ce même sens la circonférence de la Terre, la circonférence des Cieux.

4. Les lignes droites qui traversent un cercle en passant exactement par son milieu ou par son centre, s'appellent des *Diamètres*. La ligne *B E* en est un, & on peut en tirer une infinité d'autres, qui seront tous égaux entr'eux ; puisque le cercle est censé parfaitement rond.

A ij

Fig. 1.

4 NOUVEAU TRAITE' DE NAVIGATION.

5. La moitié du diamètre comprise entre le centre & la circonférence, s'appelle *Sémi-diamètre* ou *Rayon*. Ainsi les lignes qui sont ici marquées par *CA*, *CE*, *CB*, &c. sont des rayons ou sémi-diamètres; & il est évident qu'ils sont aussi tous parfaitement égaux entr'eux.

6. Une portion comme *AE* de la circonférence d'un cercle, s'appelle *un Arc*, & la ligne droite *AE* tirée d'une extrémité de l'arc à l'autre, & qui en marque la largeur, s'appelle *la Corde*.

7. Lorsqu'on veut exprimer la grandeur d'un arc, on peut dire qu'il est le tiers ou le quart, &c. de tout le circuit ou de toute la circonférence. Mais on a imaginé pour cela un autre moyen plus commode & plus général. On suppose que la circonférence est divisée dans tous les cercles, en 360 parties égales, qu'on appelle *des Degrez*; & on marque la grandeur des arcs par le nombre qu'ils contiennent de ces divisions. Ainsi lorsqu'il s'agit des Cieux, & qu'on dit quelquefois que le Soleil a environ un demi-degré de largeur, on doit entendre que toute la circonférence des Cieux étant partagée en 360 parties égales, le Soleil occupe la moitié d'une de ces parties, & qu'il faudroit par conséquent 720 Soleils à côté les uns des autres, pour former tout le tour du Ciel. La Terre étant ronde, on conçoit aussi sa circonférence divisée en 360 degrez; & c'est la même chose de tous les autres cercles tant grands que petits: de sorte que les degrez n'ont de grandeur déterminée que par rapport aux circonférences auxquelles ils appartiennent. Le Soleil ayant un demi degré de largeur, nous ne sçavons pas pour cela sa vraie grandeur ou sa grandeur absolue; car il doit être plus ou moins grand, selon qu'il est plus ou moins enfoncé dans le Ciel: il occupe la 720^e partie, mais d'un cercle ou d'une circonférence dont nous ignorons les dimensions.

8. Le Lecteur voit assez qu'on pouvoit supposer le circuit des cercles partagé en un plus grand ou en un moindre nombre de degrez: on a jugé que la division en 360

degrez étoit plus commode. La demie circonférence se trouve de 180 degrez ; le quart se trouve de 90 ; la sixième partie est de 60 ; la douzième est de 30 ; la 24^e est de 15, &c.

9. La soixantième partie d'un degré est appelée *Minute* ; & la soixantième partie d'une minute est appelée *Seconde*. Au lieu de dire que le Soleil occupe dans le Ciel un demi degré, on peut donc dire que sa largeur est de 30 minutes. On désigne souvent les degrez par un zero qu'on met au-dessus du nombre, & les minutes par une espèce d'accent ou de virgule. Un arc est la 192^e partie de la circonférence du cercle, ou le quart de la 48^{me} partie ; il est de 1^d 52^{min.} 30^{sec.} On écrit 1°. 52' 30'' pour en marquer la valeur.

Méthode de diviser un Cercle en degrez.

(Voyez Fig. 2. & 3.)

10. Pour diviser un cercle *ACE* en ses 360 degrez, il faut prendre avec un compas la longueur du rayon *NA*, c'est-à-dire la distance du centre *N* à quelqu'un des points de la circonférence. Il faut porter avec le compas cette grandeur six fois sur la circonférence ; de *A* en *B*, de *B* en *C*, de *C* en *D*, de *D* en *E*, de *E* en *F*, & de *F* en *A*. Les six longueurs du rayon portées de cette sorte, formeront toujours exactement toute la circonférence, comme nous l'apprennent les Elemens de Géométrie ; & chaque longueur du rayon donnera par conséquent 60 degrez : c'est-à-dire qu'il y aura 60 degrez de *A* en *B*, de *B* en *C*, &c.

Fig. 2.

11. Cette première opération étant faite, il ne restera plus qu'à subdiviser chaque arc. Partageant l'arc *AB* en deux parties égales par le point *G*, les arcs *AG* & *BG* feront chacun de 30 degrez ; & si l'on partage encore ces derniers arcs par la moitié, on aura des arcs *AH*, *HG*, &c. de 15 degrez. Enfin après avoir divisé les 15 degrez en trois parties pour avoir des arcs de 5 degrez, il ne restera

6 NOUVEAU TRAITE' DE NAVIGATION.

plus qu'à diviser ces derniers arcs en 5 parties égales, pour avoir de petits intervalles qui seront chacun d'un degré, On agira de la même manière pour tous les autres arcs BC & CD , &c. & la circonférence entière se trouvera de cette sorte partagée en 360 parties égales, ou en 360 degrez.

I 2. On voit assez que si au lieu de diviser le cercle par cette méthode, on vouloit prendre d'abord un certain espace pour un degré, & examiner ensuite avec un compas si ce petit intervalle répété 360 fois forme exactement la circonférence, il faudroit, avant que de pouvoir réussir, recommencer l'opération un grand nombre de fois. La méthode qu'on vient d'expliquer, est directe & incomparablement plus simple. Elle est principalement fondée sur l'égalité qu'il y a entre la corde de 60 degrez & le rayon. La longueur du rayon donne tout d'un coup 60 degrez, & il n'est plus question que de subdiviser cet arc, pour descendre aux moindres parties.

I 3. Si le cercle est plus petit, ses degrez seront aussi moindres. Nous avons tracé au-dedans du grand cercle ACE un autre $abdef$ qui est plus petit. Mais la longueur du rayon Na de ce dernier donnera également 60 degrez, lorsqu'elle sera portée sur sa circonférence de a en b , de b en c , &c. car on pourra toujours la porter exactement six fois.

I 4. Il est encore clair que lorsque les cercles ont un même centre, les degrez des uns doivent répondre exactement aux degrez des autres: c'est-à-dire que si les lignes NA & NG sont droites, & qu'il y ait 30 degrez ou la douzième partie de la circonférence du grand cercle depuis A jusqu'en G , il y aura aussi 30 degrez (des degrez du petit cercle $abdf$) entre les mêmes lignes droites NA & NG depuis a jusqu'en g .

I 5. Il suit de-là qu'on peut diviser fort aisément un cercle en degrez par le moyen d'un autre cercle qui est déjà divisé: il suffit pour cela que les deux cercles aient préci-

fément le même centre. C'est par ce moyen qui est si simple, qu'on réussit à partager en degrez la circonférence même du Ciel, & qu'on mesure les intervalles célestes. Si, par exemple, l'instrument qui est représenté dans la *Fig. 3.* & qui n'est autre chose qu'un cercle *AEBD* divisé en 360 degrez, est suspendu par la boucle *A*, & que la ligne *AB* se trouve exactement à plomb, il n'y aura qu'à diriger ou tourner la regle mobile *GF* vers le Soleil *S*, pour avoir depuis *A* jusqu'en *F* sur la circonférence de l'instrument, le nombre de degrez dont l'astre est éloigné du point *Z* le plus haut du Ciel.

Figure 3.

16. Si la regle mobile *GF* étant dirigée vers le Soleil, se trouve située exactement sur *BA*, ce sera une marque que le Soleil répond exactement sur la tête de l'Observateur. Mais si l'on trouve 20 degrez depuis *A* jusqu'en *F* sur l'instrument, il doit y avoir aussi 20 degrez dans le Ciel depuis *Z* jusqu'en *S*. Car *ZS* n'est pas plus grand par rapport à toute la circonférence du Ciel, que l'est *AF* par rapport à celle de l'instrument. Cette opération suppose que nous soyons placés exactement au centre du Ciel du Soleil; mais comme la Terre est extrêmement petite en comparaison de la vaste étendue des Cieux, nous pouvons nous supposer au milieu ou au centre sans erreur sensible.

CHAPITRE II.

Des différentes situations que peuvent avoir deux lignes droites l'une par rapport à l'autre.

(Voyez Fig. 4.)

17. **O**N appelle un *Angle* l'ouverture que forment deux lignes qui se coupent dans un point. Ces deux lignes comme celles qui sont marquées dans la *Figure 4*

Fig. 4.

par AB & CB , sont les deux côtés de l'angle, & le point B en est la pointe ou le sommet. Un coin formé par la rencontre de deux murailles, soit qu'on le considère par dehors ou par dedans, est un angle. On le marque quelquefois, par une seule lettre, qu'on met à la pointe; mais quand on en employe trois, on prononce toujours celle de la pointe la seconde. Ainsi l'angle que nous avons sous les yeux, doit être indiqué par ABC , & non pas par BAC .

18. La grandeur d'un angle ne dépend pas de la longueur de ses côtés; mais seulement de la situation ou de l'inclinaison de l'un par rapport à l'autre. Plus les lignes droites qui forment l'angle sont ouvertes, plus l'angle est grand; & sa mesure en degrez se prend sur un arc de cercle compris entre les deux côtés, & décrit de la pointe B comme centre. Il n'importe donc qu'on prolonge infiniment les côtés BA & BC , ou qu'au contraire on les raccourcisse, l'angle fera toujours du même nombre de degrez; puisque comme on l'a vû, les arcs AC & DE qui ont leur centre B dans le même point, & qui sont compris entre les lignes droites BA & BC , sont de pareilles portions de la circonférence entière, qui vaut aussi bien 360 degrez dans les petits cercles que dans les grands.

Méthode de mesurer les Angles,

(Voyez Fig. 5. & 6.)

19. Il y a plusieurs manières de mesurer un angle; ou de trouver sa grandeur en degrez, qui ont rapport à la méthode dont nous avons parlé ci-devant, de diviser un cercle en degrez. Proposons-nous de mesurer l'angle ABC de la Figure 5. Après avoir, du point B comme centre, décrit avec un compas l'arc CD , il n'y a, sans changer l'ouverture du compas qui marque la longueur du rayon BC , qu'à la porter sur l'arc depuis C jusqu'en D . Il ne s'agira plus ensuite que de chercher combien il y a de degrez entre les deux côtés de l'angle, à proportion des 60 qu'on vient

Fig. 5. & 6.

vient de trouver. On divisera les 60 par la moitié en E , & chaque moitié encore par la moitié en F & en G . On aura de cette sorte les points de 15 degrez & de 45. Enfin divisant en trois l'espace EG qui est compris entre 30 degrez & 45, on aura les points de 35 & de 40 degrez, & on verra que l'angle est de ce dernier nombre de degrez.

20. Le plus souvent il faudra pousser les divisions plus loin ; il faudra partager les petits espaces de cinq degrez en cinq parties égales. On sera obligé aussi, lorsque l'angle sera trop grand, de doubler ou de tripler la grandeur de 60 degrez pour avoir celle de 120 ou de 180.

21. S'il s'agit, par exemple, de l'angle ABC de la Figure 6 : après avoir décrit l'arc de cercle CDE , & porté la grandeur du rayon depuis C jusqu'en D pour avoir le point D de 60 degrez, il faudra doubler cet intervalle pour avoir en E le point de 120 degrez ; parce que l'angle qu'on se propose de mesurer, a plus de 60 degrez. On divisera ensuite l'arc DE par la moitié au point F , ce qui donnera le point de 90 degrez ; & afin de faire tomber les divisions dans l'endroit de l'arc où passe le côté AB de l'angle, on cherchera le point G de 75 degrez, & on divisera en 3 parties égales les 15 degrez qu'il y a depuis le point D jusqu'au point G ; ce qui donnera 65 degrez en H , & 70 degrez en I ; & enfin partageant le petit intervalle IG en 5 parties égales, on reconnoîtra que l'angle CBA est d'environ 72 degrez. Au surplus, nous le répétons encore, il n'importe de quelle ouverture de compas, on décrive l'arc ; parce que, si le cercle est plus grand, les degrez seront aussi plus grands dans le même rapport ; & l'angle se trouvera par conséquent toujours de la même grandeur.

Figure 6.

Autres Méthodes de mesurer les Angles.

(Voyez Fig. 7.)

22. On trouve toujours dans les étuis de Mathématis

B.

ques, un instrument nommé *Rapporteur* dont on se sert pour mesurer les angles avec beaucoup plus de facilité. Ce *Rapporteur* est un demi-cercle divisé en ses 180 degrez, & tracé sur du cuivre ou sur de la corne. On applique le centre du *Rapporteur* à la pointe de l'angle, & il ne reste plus qu'à voir combien il y a de degrez compris entre les deux côtés de l'angle. Cet instrument qu'on voit

Figure 7. représenté dans la *Figure 7*, & qu'on peut faire avec un simple morceau de parchemin, sert non-seulement à mesurer les angles, mais à en former qui ayent précisément le nombre de degrez qu'on veut leur donner. C'est par son moyen qu'on a fait de 48 degrez l'angle *ACB*.

23. » On peut aussi se servir de tout cercle déjà divisé en degrez, pour mesurer les angles. Supposé que le cercle de la *Fig. 2* soit entièrement gradué ou partagé en degrez, il nous fournira aisément, par exemple, la mesure de l'angle de la *Figure 5*. On décrira entre les côtés de cet angle l'arc *CA* précisément du même rayon ou avec la même ouverture de compas qu'a été décrit le cercle qui est divisé en degrez; & il suffira ensuite, en changeant l'ouverture du compas, de prendre la largeur ou la corde de l'arc *AC* qui mesure l'angle, & la transporter sur le cercle divisé pour voir à combien de degrez elle répond. Si l'on fait l'essai de cette pratique, on trouvera, tout comme par l'autre Méthode, que l'angle de la *Fig. 5* est de 40 degrez, & que celui de la *Fig. 6* est de 72.

24. » Au lieu d'avoir un cercle divisé en degrez, on peut se contenter d'avoir une ligne droite sur laquelle se trouvent marquées toutes les longueurs des cordes prises dans un cercle d'un certain rayon. Cette ligne qu'on grave souvent sur des regles de buis, est appelée *Echelle des cordes*, & les Pilotes en sont ordinairement munis. Nous en avons placé deux vers le bas de la troisième *Planche*. La première a été faite d'après le cercle divisé de la *Fig. 2*, en transportant successivement sur cette li-

gne les largeurs, ou les cordes des arcs de 5 degrez, « de 10, de 15 &c. mesurées sur le cercle. »

25. Il est clair qu'une échelle ainsi construite doit « absolument tenir lieu d'un cercle quant à la division de « ses degrez, & doit servir à mesurer toutes sortes d'an- « gles. On n'a pour cela qu'à décrire entre les deux côtés « de l'angle proposé un arc AC (Fig. 5 & 6) dont le rayon « BC soit exactement égal à la corde KL de 60 degrez, « prise sur l'échelle; parce que cette corde indique la lon- « gueur du rayon du cercle qui a servi à la construction « de l'échelle. L'arc AC étant décrit, il ne reste plus qu'à « prendre sa largeur ou sa corde AC en ouvrant ou en fer- « mant le compas, & on la transportera ensuite sur l'é- « chelle, en commençant au point K , pour voir à com- « bien de degrez elle répond. Cette corde s'étend, pour « l'angle de la Fig. 5, depuis K jusqu'en M , ce qui montre « que cet angle est de 40 degrez. »

Fig. 5 & 6.

26. Nous avons mis plus bas une autre échelle des « cordes, qui est beaucoup plus grande, & qui par cette « raison pourra être d'un usage plus exact: nous l'avons « aussi construite par une Méthode qui est susceptible « d'une plus grande précision. »

Des diverses espèces d'Angles formés par des lignes droites.

(Voyez Fig. 4, 5, 6, 8 & 9.)

27. Les angles que nous venons de montrer à mesurer, prennent différens noms, selon qu'ils sont plus ou moins grands ou plus ou moins ouverts. On en distingue de trois sortes; l'*Aigu*, l'*Obtus* & le *Droit*. Les angles que nous avons mis sous les yeux des Lecteurs dans les *Figures 4, 5 & 6*, sont aigus, parce que les lignes qui les forment, sont inclinées l'une vers l'autre, ou qu'elles forment une ouverture plus petite que le quart du cercle. Il y a de cette sorte une

Fig. 4. 5. & 6.

infinité d'angles aigus ; il y en a de 10 degrez, de 15, de 20 &c. Il suffit pour qu'ils soient aigus, qu'ils n'aient pas tout-à-fait 90 degrez, ou le quart du cercle pour leur mesure.

Figure 8.

28. Lorsque les deux lignes droites NO & PO (Fig. 8.) qui forment l'angle, sont inclinées en dehors l'une par rapport à l'autre, ou lorsque l'arc NP qui mesure leur ouverture, est plus grand que le quart d'un cercle, l'angle est appelé *Obtus*. Il y en a aussi une infinité, qui sont ou de 100 degrez ou de 110 &c.

Figure 9.

29. Enfin lorsque les deux lignes ne sont inclinées l'une par rapport à l'autre, ni en dehors ni en dedans, & que l'angle a pour sa mesure précisément 90 degrez, ou le quart du cercle, l'angle est appelé *Droit*, (Voyez la Fig. 9.) Ainsi cet angle tient le milieu entre l'angle aigu & l'angle obtus. Il est clair aussi que tous les angles droits sont exactement de la même grandeur. Si on les ferme un peu, ils deviennent aigus ; & pour peu au contraire qu'on les ouvre, ils deviennent obtus.

30. Le complément d'un angle aigu est la quantité dont il faut ouvrir cet angle pour qu'il devienne droit ; ou, ce qui revient au même, c'est le reste de sa mesure à 90 degrez. Si un angle est de 30 degrez, son complément sera de 60 ; si un angle est de 40 degrez, son complément sera de 50 ; & supposé qu'il soit de 40 deg. 10 min. son complément sera de 49 deg. 50 min.

Des divers noms que prennent les lignes selon les différens angles qu'elles forment.

(Voyez les Fig. 10, 11 & 12.)

Figure 10.

31. Les lignes droites qui se coupent en faisant des angles droits, s'appellent des lignes *perpendiculaires*. Telles sont les lignes AB & DE , (Fig. 10) : Divers Artisans les appellent des lignes à l'équerre.

32. Les lignes qui forment des angles aigus ou obtus,

sont appellées *obliques*. On dit en termes de Géométrie, qu'elles se coupent obliquement, au lieu de dire qu'elles se coupent de biais. Les lignes marquées dans la *Fig. 11*, sont obliques, & elles font quatre angles en se coupant en *K*, dont il y en a deux aigus & deux obtus. Il n'est pas nécessaire pour que les deux lignes soient obliques, qu'elles se coupent effectivement, il suffit qu'elles le fassent lorsqu'on les prolonge.

Figure 11.

33. Enfin il peut arriver que les lignes droites soient tellement situées l'une par rapport à l'autre, qu'elles ne puissent pas faire d'angles; & qu'étant prolongées, elles ne se rencontrent point, parce qu'elles sont par-tout également éloignées l'une de l'autre. Dans ce cas on les appelle *parallèles*, comme les lignes *LM* & *NO*, (*Fig. 12.*)

Figure 12.

Méthodes de tirer des Lignes parallèles.

(Voyez Figures 12 & 13.)

34. Il n'est pas difficile de tracer des lignes obliques; car il n'y a presque qu'à les tirer au hasard. Mais il faut nécessairement une Méthode pour pouvoir tirer des lignes parallèles ou perpendiculaires. Pour commencer par les parallèles, nous supposons que la ligne droite *NO* (*Fig. 12.*) est déjà tracée, mais que la ligne *LM* ne le soit pas encore, & qu'il s'agisse de la tirer parallèlement à l'autre, en la faisant passer par le point *M*. De ce point proposé que je prends pour centre, je décris avec un compas l'arc *POQ* qui touche exactement la ligne *NO* sans la couper. Je prends ensuite à volonté un point *N* sur la ligne *NO*; je décris de ce point comme centre, avec la même ouverture de compas, l'arc *RLS*; & il ne me reste plus après cela qu'à conduire la ligne droite *LM*, de manière qu'elle touche ce dernier arc, & qu'elle passe par le point proposé *M*, pour qu'elle soit parfaitement parallèle à *NO*. On voit assez qu'on ne décrit ainsi deux petits arcs en sens contraires, qu'afin de ne se pas tromper sur la distance des lignes

Figure 12.

paralleles , ou de ne pas mesurer cette distance de biais ou obliquement.

Figure 13.

35. » Lorsque le point M par lequel on doit tirer la ligne parallele est trop éloigné de la premiere ligne (comme dans la *Fig. 13*) la Méthode précédente seroit difficile à mettre en execution ; mais alors on peut se servir de la pratique suivante. On conduira par le point M , la ligne droite MN qui coupera en quelque point N la ligne proposée NO à laquelle il s'agit de tirer la parallele. On mesurera l'angle QNP , ou bien on se contentera de tracer l'arc QP qui le mesure. On prendra ensuite le point M pour centre ; on décrira l'arc RS égal à l'arc PQ , en rendant sa corde ou sa largeur égale à la corde ou à la largeur du premier. Tirant enfin la ligne droite MST par les points M & S , elle sera parallele à NO : car on voit bien qu'elle sera également inclinée ou également située, mais vers des côtés contraires par rapport à la ligne oblique que MN ; ce qui ne peut avoir lieu que lorsque les deux lignes droites NO & MT sont exactement paralleles.

36. La pratique précédente peut servir également sur le papier & sur le terrain. On peut aussi dans ce dernier cas avoir recours à la Bouffole qui marque, comme nous l'expliquerons dans la suite, la situation des lignes ou leur direction par rapport aux régions du Monde. Après avoir examiné avec cet instrument la situation de la premiere ligne, il n'y a, si l'on veut en tirer une autre qui y soit parallele à plusieurs centaines de toises de distance, ou même à plusieurs lieues, qu'à tracer une ligne qui ait exactement la même direction.»

Méthodes de tirer des Lignes perpendiculaires.

(Voyez les Figures 10 , 14 , 15 & 16.)

37. Il n'est guères plus difficile de tirer des lignes per-

pendiculaires ; c'est-à-dire, de tirer des lignes qui soient exactement à l'équerre, ou qui fassent des angles droits. Supposons que la ligne DE (Fig. 10.) ne soit pas encore tracée, & qu'il s'agisse de conduire par le point C une perpendiculaire à AB . Je prends avec un compas de part & d'autre du point C sur la ligne AB , deux distances parfaitement égales CA & CB . J'ouvre ensuite mon compas, il n'importe de combien ; & prenant les points A & B pour centres, je décris, sans changer l'ouverture, deux petits arcs RS & XT qui se croisent en D , & il ne me reste plus qu'à faire passer par l'intersection de ces petits arcs & par le point proposé C , la ligne DCE ; elle sera perpendiculaire à la ligne AB , comme on le souhaitoit. Il est évident qu'elle sera perpendiculaire : car le point D étant également éloigné du point A que du point B , c'est une marque que la ligne DE ne panche ni d'un côté ni de l'autre par rapport à AB .

Figure 10.

38. La Méthode précédente n'est bonne que lorsqu'on veut tirer une perpendiculaire par le milieu d'une ligne donnée : mais voici une Méthode plus générale, dont on peut se contenter dans la pratique. Proposons-nous la ligne RT (Fig. 14.) & supposons qu'il s'agisse par son extrémité R de lui élever la perpendiculaire RQ . La question se réduit à faire un angle parfaitement droit QRT , ou un angle qui ait pour sa mesure précisément le quart du cercle. Du point R comme centre, je décris l'arc TVQ : je porte la longueur du rayon RT , ou l'ouverture du compas depuis T jusqu'en V , ce qui me donne un arc de 60 degrés. Je prends après cela la moitié TX de cet arc ; & la portant depuis V jusqu'en Q , il est évident que l'arc TQ doit se trouver de 90 degrés, ou doit être un quart de cercle. Ainsi on n'aura qu'à tirer la ligne RQ par le point Q , & elle sera perpendiculaire à RT .

Figure 14.

39. Quelquefois il s'agit de tirer une perpendiculaire à une ligne donnée, & de la faire passer par un point situé hors de cette ligne. On veut, par exemple, du point

Figure 15. donné C (Fig. 15.) abaisser une perpendiculaire sur la ligne proposée AB . Dans ce cas il n'y a du point C comme centre, qu'à décrire un arc de cercle EHF qui coupe la ligne proposée AB en deux points E & F . On prendra ces deux derniers points pour centres, & d'une ouverture de compas qui doit être la même, mais qui peut être différente de la première, on décrira deux petits arcs qui se coupent mutuellement en G . Il ne restera plus après cela qu'à conduire la ligne droite CG par le point C , & par l'intersection G des deux petits arcs, & cette ligne droite sera perpendiculaire à la première AB .

Figure 16. 40. Si le point C (Fig. 16.) par lequel on doit tirer la perpendiculaire répond vers l'extrémité de la ligne AB , on tirera par le point C une ligne oblique CB qui fera avec la ligne proposée AB , il n'importe quel angle aigu. On prendra ensuite le milieu E de cette ligne oblique CB , & on en fera le centre du demi-cercle CDB , qui étant décrit indiquera en D , en coupant la ligne AB , le point par lequel il faudra conduire la perpendiculaire CD .

CHAPITRE III.

Des Triangles.

(Voyez les Figures 17, 18, 19 & 20.)

41. **L** E Triangle est une figure bornée par trois lignes, comme ABC (Fig. 17.) Il y en a de plusieurs espèces; nous nous contenterons de parler ici, & en peu de mots, de ceux qui sont formés de lignes droites, & qu'on nomme *Rectilignes*.

Figure 17. 42. Le triangle ABC (Fig. 17.) est *rectangle*, parce qu'il a un angle droit en B ; on nomme *hypothénuse* le plus grand côté AC qui est opposé à cet angle.

43. Lorsque dans un triangle il n'y a aucun angle droit, le

le triangle est alors *obliquangle*, soit qu'il n'ait que des angles aigus, ou qu'il ait un angle obtus. On l'appelle *obliquangle*, parce qu'il n'est formé que par des lignes obliques.

44. Si le triangle est parfaitement régulier, s'il a ses trois côtés égaux, comme le triangle de la *Fig. 18*, on l'appelle *équilatéral*, & il est toujours *obliquangle* : ses trois angles sont aigus & égaux. Si le triangle n'a que deux côtés égaux, comme celui de la *Fig. 19*, on le nomme *isocelle*. Un triangle rectangle se trouve *isocelle*, lorsque ses deux petits côtés sont égaux entr'eux. Si dans la *Fig. 17* le côté BC étoit égal à BA , le triangle ABC seroit *isocelle-rectangle*. Il est rectangle à cause de l'angle droit B , & il seroit *isocelle* à cause de l'égalité entre AB & BC .

45. Une propriété très-remarquable, & qu'il importe aux Pilotes de sçavoir, c'est que dans tous les triangles formés par des lignes droites, soit que ces triangles soient rectangles ou *obliquangles*, les trois angles joints ensemble valent toujours 180 degrés. C'est-à-dire que si du même rayon ou de la même ouverture de compas, on décrit dans le triangle de la *Figure 20*, trois arcs de cercles dans les trois angles D , E & F pour leur servir de mesures, ces trois arcs joints ensemble feront toujours une demie circonférence de cercle, & vaudront par conséquent 180 degrés. Ce seroit la même chose si l'on ouvroit ou si l'on fermoit les deux angles D & F : ils deviendroient plus grands ou plus petits ; les deux lignes DE & FE , au lieu de s'aller rencontrer en E , se rencontreroient plus loin ou plus près ; mais l'angle E qui, comme nous l'avons dit, ne reçoit pas sa grandeur de celle de ses côtés, deviendrait plus aigu ou plus obtus ; plus petit ou plus grand : & de cette sorte les trois angles vaudroient toujours 180 degrés ou la moitié du cercle.

46. Pour entrevoir la raison de cette propriété, on n'a qu'à conduire par le point E , la ligne GH parallèlement à DF . Les deux lignes GH & DF étant parallèles, la ligne DE sera toujours inclinée ou située de la même manière

C

Figure 18.

Figure 19.

Figure 17.

Figure 20.

par rapport à l'une que par rapport à l'autre ; & on pourra mettre l'angle *D* à la place de l'angle *I*, qui lui sera parfaitement égal. On pourra par la même raison mettre l'angle *F* à la place de l'angle *K*. Or on voit clairement par cet échange, que les trois angles du triangle forment un demi-cercle ou 180 degrez.

47. Il suit de-là qu'aussi-tôt qu'on connoît deux angles d'un triangle, on connoît toujours le troisiéme ; puisqu'il est le reste à la moitié du cercle. Si l'un des angles est, par exemple, de 60 degrez, & l'autre de 80, il faut nécessairement que le troisiéme soit de 40, afin que les trois ensemble fassent 180 degrez. Lorsque le triangle est rectangle, l'angle droit vaut lui seul 90 degrez, ainsi il faut que les deux autres angles qui sont aigus, fassent ensemble l'autre moitié ou les autres 90 degrez, & qu'ils soient par conséquent le complément l'un de l'autre. Supposé que l'un soit de 30 degrez, l'autre sera de 60. Si l'un est de 41 degrez 15 min, l'autre sera de 48 deg. 45 min.

48. » Les figures formées de quatre côtés se nomment » *Quadrilateres*, & on les nomme *Parallelogrames*, lorsque » leurs côtés opposés sont paralleles entr'eux. La fig. 21 » nous présente un de ces *Parallelogrames* ; le côté *AD* est » parallele à *BC*, & *AB* l'est à *DC*. La figure 22 est bien » encore un *Parallelograme*, mais on lui donne en particu- » lier le nom de *Rectangle*, parce que tous ses angles sont » droits.

Figure 21.

Figure 22.

49. » Les lignes droites comme *AC* qui coupent ces » figures par la moitié en se rendant d'un angle à son op- » posé, sont des diamètres ; mais on les nomme plus ordi- » nairement *Diagonales* pour les distinguer des diamètres » du cercle.



Des Triangles égaux & des Triangles semblables.

(Voyez les Figures 23, 24, 25 & 26.)

§ 0. « Il fuffit de rendre certaines parties d'un triangle égales à celles d'un autre, pour que les deux triangles fe trouvent parfaitement égaux. Si l'on fait, par exemple, l'angle a du triangle abc (fig. 24.) égal à l'angle A du triangle ABC de la fig. 23, & qu'on rende outre cela les deux côtés ab & ac du second égaux aux deux côtés AB & AC du premier, les deux triangles feront parfaitement égaux. Il fuffit, pour s'en convaincre, d'appliquer par la pensée le second triangle sur le premier, en faisant répondre l'angle a à l'angle A , & les côtés ab & ac aux côtés AB & AC qui leur font égaux. »

Fig. 24.
Fig. 23.

§ 1. Un autre moyen de rendre les deux triangles égaux, c'est de faire les trois côtés de l'un égaux aux trois côtés de l'autre. La condition de l'égalité des côtés ne fuffit pas pour rendre égales les figures qui ont plus de trois côtés; parce que ces lignes, quoiqu'égaux dans les deux figures, peuvent faire des angles différens, ou avoir des situations différentes les unes par rapport aux autres. C'est ce qu'on voit, par exemple, en jettant les yeux sur les deux Figures 21 & 22. Les côtés de l'une font exactement égaux à ceux de l'autre; & cependant il s'en faut beaucoup que les deux figures ne foient égales. Pour réussir à mettre une parfaite égalité entre ces figures, il faut les partager en triangles, & faire chaque triangle égal à son correspondant. »

§ 2. Deux triangles font *semblables*, lorsque ce font simplement les angles de l'un qui font égaux à ceux de l'autre. Le petit triangle mno (Fig. 26.) est semblable au grand MNO (Fig. 25.) il s'en faut beaucoup, comme on le voit, qu'il ne lui soit égal; mais il lui est semblable; parce qu'il

Fig. 26.
Fig. 25.

le représente en petit, & que ses côtés ont entr'eux les mêmes rapports. C'est-à-dire que si dans le grand triangle le côté MN est les deux tiers du côté MO , & les trois quarts du côté NO , ce sera la même chose dans le petit triangle: le côté mn sera aussi les deux tiers du côté mo , & les trois quarts de no . En un mot le petit triangle est la représentation du grand, il lui est semblable, & c'est ce qui arrive toutes les fois que les angles de l'un sont égaux à ceux de l'autre. Pour concevoir l'égalité des angles dont nous parlons, il faut toujours faire attention à ce que nous avons déjà dit plusieurs fois, que la grandeur des angles ne dépend pas de la grandeur de leurs côtés.

CHAPITRE IV.

De l'Echelle de Dixme, & de la Construction de plusieurs autres Echelles.

I.

53. » **O**N se sert pour mesurer sur le papier la longueur des lignes droites, d'Echelles qu'on
 » nomme de Dixmes, lorsqu'elles sont construites d'une
 » manière particulière, qui en rend sensibles les plus petites parties. On voit au bas de la troisième Planche une
 » de ces Echelles à laquelle on a donné six pouces de longueur, & on l'a divisée en 1000 parties par le moyen
 » dont nous parlons. Il est presque toujours avantageux,
 » lorsqu'on fait des Echelles pour servir aux Plans ou aux
 » Cartes, de leur donner un rapport précis avec le pied de
 » Roy ou avec les autres mesures usuelles. On concevra aisément la construction de ces Echelles par l'explication
 » que nous allons donner de leur usage. Si on vouloit avoir
 » 300 parties, il n'y auroit qu'à étendre un compas depuis
 » le point de 300 jusqu'en O , ou depuis F jusqu'en K . Mais

Si on veut avoir 303 parties, il faudra étendre le compas « depuis *F* jusqu'en *I*, parce que la ligne oblique qui par- « tant du point *O*, va se rendre en haut à côté de *E*, au « point *10*, avance par son obliquité d'une partie sur « chaque parallèle à *AB* en montant. Ainsi le petit inter- « valle *KI* est de 3 parties, & *FI* est de 303. Il faut par « la même raison, si on veut avoir 845 parties, étendre le « compas depuis le point *G* jusqu'au point *L* sur la cin- « quième parallèle à *AB*. Car si on ne l'étendoit que de- « puis le point de 800 jusqu'à celui de 40 sur *AB*, on n'au- « roit que 840; mais à mesure qu'on prend des parallèles « plus élevées, l'intervalle devient plus grand. »

54. On nomme *Transversales* ces lignes obliques dans « lesquelles consiste toute la propriété des Echelles de Dix- « mes. On voit de ces Transversales ou lignes obliques sur « plusieurs des Instrumens qui sont entre les mains des Pi- « lotes, & elles servent toujours à faire distinguer de peti- « tes parties qu'on ne pourroit guères déterminer sans cela. « Il n'y a qu'à remarquer combien ces Transversales ou li- « gnes obliques font de pas, pour ainsi dire, dans leur tra- « jet, & elles fourniront tout autant de subdivisions. Si, « par exemple, la Transversale va depuis le commence- « ment d'un degré jusqu'à la fin, & qu'au lieu de faire dix « pas en montant comme dans notre Echelle de Dixme, « elle n'en fasse que 6, le degré ne sera pas partagé en 10 « parties, mais en 6; & chacune vaudra donc 10 minutes, « puisque le degré entier vaut 60 minutes. »

I I.

55. L'Echelle de Dixme peut servir à la construction « de plusieurs autres Echelles qui sont utiles à la Naviga- « tion. On a différentes Tables qui sont connues sous le « nom de Tables des Sinus, Tables des Logarithmes, Ta- « bles des Latitudes croissantes, &c. Comme ces Tables « ont été calculées avec la plus grande précision, on peut, « en empruntant les nombres qu'elles contiennent, en for- «

CHAPITRE V.

Usages des Triangles semblables pour mesurer les distances inaccessibles, lever des Plans, &c.

(Voyez Figures 27, 28, 29.)

56. **O**N peut, par le moyen des Triangles semblables, mesurer les distances des lieux inaccessibles, lever des Plans, & faire plusieurs autres opérations de la plus grande importance. »

I.

57. Supposons qu'il s'agisse de mesurer en ligne droite l'intervalle AB (fig. 27.) qu'il y a entre les deux points de terre A & B qui avancent dans la Mer, & que la distance soit trop grande pour qu'on puisse tendre un cordeau de l'une à l'autre. Il n'y aura qu'à se transporter en quelque point C sur le terrain, dont on puisse mesurer en ligne droite la distance aux deux termes proposés A & B . On plantera dans ce point C un piquet. On mesurera actuellement l'intervalle BC , & on s'écartera ensuite du point C en allant vers b sur le prolongement de la même ligne jusqu'à ce que Cb soit égal à BC . On mesurera pareillement la distance AC , & on la transportera en ligne droite depuis C jusqu'en a . Cette opération étant faite, il est évident que le triangle aCb sera parfaitement égal au triangle ACB . Ils ont l'un & l'autre leur angle en C , de même grandeur, & outre cela les deux côtés Ca & Cb du triangle qu'on a tracé sur le terrain, ont été rendus égaux aux deux côtés CA & CB du premier triangle. Par conséquent le troisième côté du second sera égal au troisième côté du premier; & il suffira donc de mesurer

Fig. 27.

» la longueur de ab pour avoir celle de AB qu'on vouloit
» découvrir.

58. » On peut remarquer que les lignes AB & ab sont
» non-seulement égales, mais qu'elles sont aussi parallèles.

Fig. 28.

59. » Supposons maintenant qu'on ne puisse pas se
» rendre à une des extrémités A de la ligne AB (Fig. 28.)
» qu'on veut mesurer. On est sur le bord de la Mer, & on
» veut sçavoir combien l'écueil A est éloigné de terre. On
» commencera par planter un piquet en C sur le prolonge-
» ment de la distance AB dont on veut sçavoir la grandeur.
» On plantera un autre piquet en quelque point D ; &
» après avoir mesuré l'intervalle DC , on le transportera sur
» la même ligne de D en c , & on plantera un troisième pi-
» quet en c . On mesurera de même l'intervalle BD , & on
» le transportera dans le même allignement depuis D jus-
» qu'en b , où on plantera un quatrième piquet. Enfin on
» avancera sur le prolongement de cb vers a , & on s'arrê-
» tera, lorsque le piquet D paroîtra en ligne droite avec
» l'objet A ; & on plantera un dernier piquet en a . Tout
» cela étant achevé, les deux triangles Dcb & Dba se-
» ront parfaitement égaux aux deux triangles DCB &
» DBA ; & il n'y aura qu'à mesurer sur le terrain la dis-
» tance comprise entre les piquets D & a si on veut avoir
» la distance DA . On mesurera de même l'intervalle ab
» pour avoir la distance qu'il y a sur la Mer depuis le bord
» de la côte B jusqu'au rocher A .

60. » La même Méthode deviendra plus facile à met-
» tre en exécution, mais elle se trouvera en même tems
» moins exacte, si au lieu de faire les triangles Dcb &
» Dba égaux aux deux premiers triangles DCB & DBA ,
» on se contente de les rendre semblables, comme dans
» la Fig. 29. On a fait Dc & Db cinq fois plus petits que
» DC & DB : il est évident que Da sera aussi cinq fois
» plus petit que DA , de même que ba de BA . Ainsi après
» avoir mesuré ba & Da , il faudra les augmenter cinq fois
» pour avoir les longueurs de AB & de DA . On pourroit
rendre

Fig. 29.

rendre les côtés des triangles Dcb & Dba plus petits « dans tout autre rapport que les côtés des grands triangles « DCB & DBA : on pourroit même décrire ces petits « triangles sur un carton. Il n'y auroit qu'à faire une échelle « de parties égales pour représenter les pieds ou les toises , « on feroit Dc & Db d'autant de petites parties que les dif- « tances DC & DB contiendroient de toises. On acheve- « roit la petite figure , & mesurant ba & Da sur l'échelle, « on auroit la longueur de AB , ou de AD . »

I I.

Méthode de lever les Plans.

(Voyez Figures 30 , 31.)

61. Il ne s'agit toujours lorsqu'on veut lever le Plan d'un certain lieu , comme d'une Rade , ou faire la Carte d'un pays , que de former des triangles semblables. Il faut en général considérer les objets trois à trois , afin d'en former des triangles ; & il ne reste plus , pour représenter le tout en petit sur le papier , que de faire des triangles semblables à ceux qu'on a imaginés sur le terrain.

62. Les trois objets A, B, C (*Fig. 30*) nous donnent un premier triangle. Nous pouvons , en mesurant simplement la distance AB , découvrir non-seulement les deux autres distances AC & BC , mais aussi tous les autres intervalles qui séparent les autres objets. Nous n'avons pour cela , lorsque nous serons en A , qu'à viser aux deux objets B & C , & prendre la mesure de l'angle CAB . Nous passerons ensuite en B , & lorsque nous y serons , nous viserons aux objets A & C , & nous prendrons la mesure de l'angle CBA . Nous nous servirons , pour mesurer ces angles , d'un cercle divisé en degrez , ou d'un instrument semblable à celui qui est représenté dans la *Figure 3*. Il faudra mettre cet instrument à plat : on dirigera successivement sa règle mobile GF vers les objets , & on regardera sur

Fig. 30.

la circonférence le changement de situations de la règle.
 63. On peut aussi, pour mesurer les angles, se servir de la Bouffole dont l'usage est maintenant continuel dans la Marine. Les Lecteurs sçavent déjà, quoique nous ne le leur ayons point encore expliqué, que la Bouffole, par le moyen d'une aiguille qui a été touchée à la pierre d'Aïman, affecte toujours une certaine situation, & indique les régions du Monde. Sa circonférence est divisée en 32 parties égales, ou chaque quart de cercle est divisé en 8 parties. Ainsi les intervalles qu'il y a entre les différentes directions, sont de $11^{\text{d}} 15^{\text{m}}$. Outre cela on peut se servir d'une Bouffole sur laquelle les degrez mêmes soient marqués.

Fig. 31.

64. Tout étant achevé sur le terrain, on tracera sur le papier l'échelle MN (Fig. 31) qui représentera un certain nombre de toises. On la rendra plus ou moins grande, selon qu'on voudra donner plus ou moins d'étendue à la figure. On tirera ensuite la ligne ab , en la faisant d'autant de petites toises que AB en contient de grandes. Les points a & b représenteront les points A & B ; & il ne restera plus qu'à tirer les lignes ac & bc , de manière qu'elles fassent en a & en b avec la ligne ab , des angles exactement égaux à ceux qu'on aura mesurés en A & en B sur le terrain. On donnera à ces angles la grandeur qu'ils doivent avoir, en employant les moyens expliqués ci-devant (Num. 19, jusqu'à 25.) Les lignes ac & bc tracées sur le papier, représenteront les rayons visuels ou les lignes droites AC & BC , & leur point c de rencontre représentera par conséquent le point C .

65. La petite figure abc fera donc une représentation exacte de la grande; & on n'aura qu'à en mesurer les dimensions avec l'échelle, pour avoir les dimensions de l'autre. Nous ne nous sommes point transportés en C , nous n'avons fait que parcourir & mesurer la ligne AB ; mais pour sçavoir combien l'objet C est éloigné des points A & B , nous n'avons qu'à mesurer ces deux distances sur notre petite Carte.

66. On voit assez qu'on peut assigner de la même manière la place de tous les autres objets, aussi - tôt qu'on peut les découvrir des points *A & B*. Les objets *E D F*, &c. étant marqués sur le Plan, on pourra non - seulement mesurer avec l'échelle combien ils sont éloignés des points *A & B*, mais combien ils sont éloignés les uns des autres; combien il y a de distance, par exemple, de l'écueil *D* à la pointe de terre *E*. Comme on est obligé de s'arrêter dans les points *A & B*, pour mesurer les angles qu'on y observe, on leur donne le nom de *Points de Station*, & la ligne droite *AB* conduite de l'un à l'autre, est la *baze ou la ligne de Stations*.

I I I.

Seconde Méthode de lever les Plans.

(Voyez Figure 32.)

67. On peut encore, pour lever les Plans avec plus de facilité, se servir d'un instrument qu'on nomme *Planchette*, qui est une espèce de palet *ADBE* (Figure 32) qui doit être exactement rond, & qu'on peut faire de bois. On peut lui donner 7 à 8 pouces de diamètre sur un pouce, ou un pouce & demi d'épaisseur. Au centre de cette Planchette, il y a un pivot autour duquel on fait tourner la règle mobile ou *allidade AB*, qui a vers ses deux extrémités deux *visières H & I*. Ces visières qu'on nomme aussi *Pinnules*, ne sont autre chose que deux morceaux de cuivre ou de quelque autre matière, qui ont des fentes par lesquelles on peut viser aux objets.

Fig. 32.

68. On peut, si on le veut pour une plus grande facilité, appliquer simplement sur les deux extrémités de la règle mobile deux aiguilles fines qui soient à égale distance du bord. Le petit pivot appliqué au centre *C*, fera aussi, si on le veut, une aiguille, laquelle doit entrer assez dans la Planchette pour y tenir fermement; & enfin la règle mobile fera retenue contre ce pivot par un demi-anneau

D ij

formé par un petit morceau de fil de fer, ou par une portion d'épingle pliée, dont les deux bouts entreront dans la règle. Nous ne manquons pas de motifs qui nous invitent à entrer dans ces détails, & à tâcher de rendre l'instrument le plus facile à construire qu'il est possible. Nous allons maintenant en expliquer l'usage.

69. On appliquera un morceau de papier sur la Planchette en l'étendant & en l'attachant par les bords; ce qui peut se faire fort aisément par le moyen d'une ficelle qui fasse le tour de la Planchette. Le morceau de papier sera percé par le pivot, & on mettra au-dessus la règle mobile. On choisira ensuite sur le terrain deux endroits commodes

Fig. 30. & 31. comme *A* & *B* (Fig. 30 & 31) pour servir de points de station. On visera du premier de ces points au second, & on visera ensuite successivement à tous les objets *E, C, D, F*, en observant de tirer des lignes sur le papier de la Planchette, pour marquer chaque direction ou chaque rayon visuel, & on aura le soin de bien désigner l'objet auquel appartient chaque ligne.

70. Tout sera terminé après cela dans la première station; on se rendra à la seconde; & on pourra, chemin faisant, mesurer la baze ou ligne de stations *AB*. Arrivé en *B*, on ôtera le papier, on en mettra un autre sur la Planchette, & on opérera précisément, comme on l'avoit fait dans la première station. C'est-à-dire, qu'on visera au point *A* & à tous les objets *E, C, D, F*. On aura de cette sorte la grandeur de tous les angles formés par les rayons visuels: on ne sçaura pas de combien de degrez ils sont; mais on fera cependant en état de les transporter, & on n'aura plus rien à exécuter sur le terrain.

Fig. 31. 71. On fera, comme à l'ordinaire, une échelle sur une grande feuille de papier, & on représentera la ligne de stations par la petite ligne *ab* (Fig. 31) en mettant entre les points *a* & *b* la distance qu'on a trouvée entre *A* & *B*. On appliquera ensuite les deux morceaux de papier sur la grande feuille, en observant de faire répondre leur centre

en a & b , & de faire tomber sur ab les lignes ou rayons réciproques par lesquels on voyoit chaque station, lorsqu'on étoit à l'autre. On sera assuré après cela que les deux morceaux de papier auront la situation convenable : & si on prolonge avec une règle sur la grande feuille, les rayons visuels jusqu'à ce qu'ils se rencontrent, on aura dans les points e, c, d, f où ils se couperont, la place des objets E, C, D , &c.

72. Il sera toujours facile de faire de cette sorte le Plan ou la petite Carte d'un Port ou d'une Rade. S'il se trouve en Mer quelque écueil qu'on ne puisse pas voir, parce qu'il est caché sous l'eau, on enverra une chaloupe se placer dessus, pendant qu'on fera les deux stations; & on marquera cet écueil dans le Plan par une petite croix, si c'est un rocher; & par des points, si c'est un banc de sable. Le bon mouillage étant encore un endroit qu'on ne peut pas distinguer aisément de terre, on se servira du même expédient; on y enverra une chaloupe; & on indiquera le point sur le Plan par une ancre, en marquant à côté la profondeur de la Mer, qu'il est d'usage d'exprimer toujours en brasses. Enfin nous n'avons que faire d'avertir que le Plan étant achevé, on doit effacer toutes les lignes ac, bc &c. qui ont servi à sa construction.

73. Au reste, on ne doit pas oublier d'orienter ou de disposer ce Plan par rapport aux régions du Monde, en traçant une ligne Nord & Sud, & en marquant le Nord par une fleur de lys, conformément à l'usage général de toutes les Nations. Ce n'est que dans le Livre suivant que nous donnerons une notion distincte de la construction de la Boussole & de ses usages : il nous suffit ici de dire que la ligne Nord & Sud est indiquée par l'aiguille aimantée, & qu'il est très-facile de la marquer sur le Plan, aussi-tôt qu'on a observé sur le terrain sa situation par rapport à quelque objet. Si on a, par exemple, observé, étant au point B (Fig. 30) que la tour C , au lieu de répondre au Nord, paroïssoit 60 degrez vers la main gauche, il n'y aura qu'à sur le Plan,

Fig. 30.

Fig. 31.

tirer du point *b* (Fig. 31) une ligne *bh* qui fasse avec *bc* un angle de 60 degrez vers la droite, & on aura dans *bh* une ligne Nord & Sud. Rien n'empêchera ensuite de tirer à cette ligne une autre qui lui soit parallele dans un endroit plus commode du Plan ; & cette seconde ligne sera également Nord & Sud.

74. Nous avons toujours supposé qu'on avoit mesuré actuellement la longueur de la baze, ou la distance d'une station à l'autre ; mais on pourroit régler l'échelle sur la distance de quelques autres points, pourvu qu'ils fussent bien placés dans le Plan. Si l'on mesure, par exemple, la distance du point *A* au point *E* par quelqu'un des moyens que nous avons donnés ci-devant, & qu'on la trouve de 30 toises, il n'y aura qu'à régler l'échelle de manière qu'il se trouve ce même nombre de toises depuis *a* jusqu'en *e*. Après qu'on a fait les premières stations en *A* & en *B*, on peut prendre aussi des points déjà déterminés comme *E* & *C* pour y faire d'autres stations, & pousser l'ouvrage plus loin. Les Pilotes ne sçauroient trop s'attacher à lever le Plan des Ports & des Rades qu'ils fréquentent ; ils peuvent même prendre deux navires à l'ancre pour points de stations ; mais ils doivent toujours se ressouvenir, s'ils veulent travailler avec succès, qu'il faut que les bazes dont ils se servent, ne soient pas trop petites par rapport aux distances qu'ils veulent déterminer ; principalement si l'instrument qu'ils emploient pour mesurer les angles, n'est pas bien parfait. La baze ne doit pas non plus être trop grande, & on ne doit admettre d'angle ni trop aigu ni trop obtus dans les triangles qu'on forme. La seule règle que nous puissions donner ici, c'est de supposer sur la mesure des angles une certaine erreur comme d'un degre ou d'un demi-degre, & de voir quel effet cette erreur produit sur la situation des objets. Le Pilote connoitra de cette sorte le prix de son travail, & sçaura si la baze qu'il a employée est d'une longueur convenable.

IV.

Déterminer les distances par la vitesse du Son.

75. On est souvent à portée dans la Marine d'employer, pour mesurer les distances, un moyen qui n'est pas absolument précis, mais qui a cependant son utilité dans certains cas. C'est de se servir pour cela de la vitesse du son, lorsqu'on entend le canon de loin, & qu'on en apperçoit auparavant le feu. La lenteur avec laquelle le bruit se répand à la ronde, est assez grande, pour qu'il y ait autant de secondes de tems, ou de soixantièmes de minutes d'heure entre la lumière & le bruit, qu'il y a de fois 173 toises de distance entre le canon & l'observateur. Le vent, selon qu'il est favorable ou contraire, peut augmenter ou diminuer un peu cette vitesse; mais on pourra souvent négliger cette différence. Si l'on compte donc 20 secondes entre la lumière & le bruit, c'est une marque que la distance est de 3560 toises; ce qu'on trouve en multipliant 173 toises par 20. La lieue dont les Pilotes François se servent, est exactement de 2850 toises, comme on le verra dans le Livre suivant (N^o 31.) & il faut à très-peu près 16 secondes & demie au son pour parcourir cet espace; & 33 secondes pour faire deux lieues. Ainsi la distance d'un endroit à un autre, est d'un tiers de lieue, ou de deux tiers de lieue, lorsque le bruit ou le son met cinq secondes & demie, ou onze secondes à la parcourir. Il ne reste plus, pour pouvoir employer ce moyen, qu'à sçavoir la manière de connoître exactement la durée du tems en secondes.

76. On peut avoir une montre qui marque non-seulement les minutes, mais qui marque aussi les secondes. Quelques personnes prennent les battemens de leur poulx au lieu de secondes, mais le moyen n'est pas sûr; car le poulx va plus ou moins vite devant ou après le repas, & il n'est pas constamment le même, quoiqu'on soit en parfaite santé.

Le moyen le plus simple, pour avoir exactement la durée des secondes, c'est de suspendre une bale de mousquet à un fil très-fin, & de donner à ce fil depuis le centre de la bale jusqu'au point de suspension 36 pouces & $8\frac{1}{2}$ lignes de longueur. Si l'on imprime ensuite quelque mouvement à cette bale, en ne lui faisant parcourir d'abord que des arcs de 2 ou 3 pouces, chacun de ses balancemens ou de ses oscillations simples fera exactement d'une seconde; il en faudra 60 pour faire une minute d'heure, & 3600 pour faire une heure entière. Il faut entendre par balancement ou oscillation simple, une allée seule ou un retour seul, car c'est pris séparément qu'ils sont d'une seconde. On les comptera, & on aura le temps écoulé. Cet instrument se nomme *un Pendule*; & on ne doit pas craindre qu'à la fin de son mouvement les balancemens ne soient pas exactement de la même durée: s'il parcourt de plus petits arcs, il ira aussi moins vite. Mais on doit être attentif à lui donner la longueur précise que nous avons marquée; 36 pouces $8\frac{1}{2}$ lignes.

CHAPITRE VI.

De la Résolution des Triangles par le Calcul, ou Principes de Trigonométrie.

(Voyez Figure 33.)

I.

77. **N**OUS revenons à la Méthode la plus sûre, celle que fournit la *Trigonométrie*, c'est-à-dire, la mesure & la comparaison des Triangles. Quoique nous regardions cette dernière Méthode comme sûre, on peut cependant commettre encore diverses erreurs dans les opérations qu'elle prescrit. Outre qu'on est sujet à se tromper dans les mesures qu'on prend sur le terrain, on peut tomber dans

dans d'assez grandes erreurs, en construisant les figures qu'on trace sur le papier : mais il est facile d'éviter ce dernier inconvénient, en employant le calcul. Des personnes zélées pour l'avancement des Sciences se sont donné la peine de supputer, avec la plus grande exactitude, les côtés des triangles pour toutes les diverses grandeurs d'angles, & ils en ont formé des Tables en supposant qu'un des côtés étoit de 100000 parties. Si les triangles qu'on est obligé d'examiner, ont effectivement un de leurs côtés de 100000 toises ou de 100000 pieds, & que ces triangles soient rectangles, on trouve immédiatement dans les Tables dont nous parlons, la valeur des deux autres côtés ; & à l'égard des autres cas, il suffit de faire des réductions par des proportions ou règles de Trois. C'est ce que nous allons expliquer en peu de mots, en prenant les choses d'un peu plus loin, à cause de la forme particulière qu'on a donnée aux Tables dont il s'agit, qu'on nomme ordinairement Tables des Sinus.

I I.

*Explications ou Définitions des Sinus,
Tangentes & Sécantes.*

78. Le *Sinus* d'un arc est une ligne droite abaissée perpendiculairement de l'extrémité de cet arc sur le rayon qui se rend à son autre extrémité. Dans la *Figure 33* l'arc *DA* a la ligne *DE* pour Sinus, ou la ligne *AL* qui lui est égale. On peut remarquer que le Sinus marque bien la largeur d'un arc, mais qu'il ne la marque pas comme la corde, à cause de sa situation perpendiculaire à un des rayons, ce qui le rend toujours plus court.

79. Si l'on rend l'arc plus grand, le Sinus augmentera jusqu'à un certain terme. L'arc *Ad*, par exemple, a *de* pour Sinus ; & lorsque l'arc est égal au quart de cercle *AB*, il a alors pour Sinus le rayon même *BC* : mais si après cela on augmentoit encore l'arc, si l'on prenoit, par exemple,

E

Figure 33.

l'arc AM , le Sinus deviendroit plus petit ; il se réduiroit à MN . Ainsi le rayon ou le semi-diamètre est le dernier terme de grandeur auquel puissent parvenir les Sinus ; & c'est pour cela que le rayon prend le nom de *Sinus total*.

80. A mesure que les arcs AD , Ad deviennent plus grands, & que leurs Sinus croissent, ceux des arcs de complément deviennent plus petits. L'arc BD a DF pour Sinus, & l'arc Bd a df . On nomme ces Sinus les *Co-Sinus* des arcs DA & dA ; & par la même raison les lignes DE & de sont les *Co-Sinus* des arcs DB & dB .

81. On peut remarquer que chaque Sinus est toujours la moitié de la corde d'un arc double. Le Sinus DE est la moitié de DI , qui est la corde de l'arc DAI , double de DA . C'est en employant ce rapport qu'on a calculé la Table du N° 55, ou qu'on l'a déduite de la Table des Sinus. Supposant, par exemple, que l'arc DI soit de 50 degrez, pour avoir sa corde, on a cherché le Sinus DE de l'arc de 25 degrez. Les Tables donnent ce Sinus de 42 262 parties, lorsque le rayon en contient 100 000, & doublant DE on a eu 84 524 pour DI .

82. Outre les Sinus, on considère encore deux autres lignes dont chaque arc ou chaque angle est comme accompagné. Si on élève à l'extrémité du rayon CA la perpendiculaire AG , & qu'on la termine par la rencontre de l'autre rayon CD prolongé jusqu'en G , cette ligne AG touchera l'arc au point A , & on la nomme la *Tangente* de l'arc AD ; pendant que le rayon CD prolongé jusqu'en G , se nomme la *Sécante* du même arc. Si l'on rend l'arc plus grand, si on le fait égal à Ad , sa Tangente Ag & sa Sécante Cg seront aussi plus grandes ; & elles deviendront infinies, si on rend l'arc égal au quart de cercle AB , ou si on le fait de 90 degrez ; car la Tangente Ag & le rayon CB , quoique prolongés infiniment, ne se rencontreroient pas.

83. Les arcs de complément BD & Bd ont aussi leurs Tangentes & Sécantes, & elles vont en diminuant à me-

sure que ces arcs de complément diminuent. BH est la Tangente de l'arc BD , & CH en est la Sécante ; de même que Bh est la Tangente, & Ch la Sécante de l'arc Bd . En prenant ainsi des arcs de complément toujours plus petits, la Tangente à la fin se réduit à rien ; mais les Sécantes en diminuant ne peuvent pas devenir moindres que le rayon ou le Sinus total CB .

84. « Un rapport très-remarquable qu'ont les Sinus & les Sécantes de leur complément, c'est que si la longueur du Sinus augmente ou diminue un certain nombre de fois par l'augmentation ou la diminution de l'étendue de l'arc, la Sécante de complément recevra un semblable changement ; mais en sens contraire. Le Sinus de est, par exemple, deux fois plus grand que le Sinus DE ; mais en récompense la Sécante Ch de complément du premier arc sera deux fois plus petite que la Sécante CH de complément de l'autre. Si nous nous exprimons, comme on le fait en Géométrie, ces lignes seront toujours en rapport inverse ou réciproque. On verra la raison de cette propriété, si l'on fait attention que le triangle DCE est toujours semblable au triangle HCB , quoiqu'ils soient situés différemment. Or cette conformité est cause qu'il y a même rapport du Sinus DE au rayon CD que du rayon CB à la Sécante de complément CH . Si le Sinus DE est donc égal au tiers ou au quart du rayon, la Sécante de complément CH sera triple ou quadruple du rayon ; & si l'on fait augmenter ou diminuer le Sinus, la Sécante de complément diminuera ou augmentera dans le même rapport. »

85. La même chose arrive aux Tangentes qui appartiennent à des arcs qui sont le complément l'un de l'autre. Si en augmentant l'arc AD , on rend sa Tangente AG deux ou trois fois plus grande, la Tangente BH de l'arc de complément BD deviendra dans le même tems deux ou trois fois plus petite ; parce que le rapport de l'une au rayon sera toujours le même que celui du rayon à l'autre. »

*Usage des Sinus , Tangentes & Sécantes ;
pour résoudre les Triangles ; avec quel-
ques applications de cette Méthode.*

(Voyez Figure 34.)

Figure 34.

86. C'est de la valeur de toutes ces lignes dont on a formé des Tables en les calculant pour les arcs de toutes les grandeurs de degré en degré, & de minute en minute. Ces Tables expriment, comme nous l'avons déjà dit, la longueur des côtés de tous les triangles-rectangles d'une manière très-naturelle, & les donnent même immédiatement, sans qu'il soit nécessaire de faire aucune réduction, lorsqu'un des côtés du triangle est de 100000 parties. Si on nous propose, par exemple, le triangle ABC , qui est rectangle en B (Fig. 34.) qu'on connoisse la grandeur de ses angles, & qu'ayant de plus la longueur de l'hypothénuse, ou du plus long côté AC , on demande la longueur des deux autres côtés AB & BC , il n'y a qu'à prendre la pointe de l'angle aigu A pour centre, & décrire par la pensée l'arc DC qui ait pour rayon l'hypothénuse AC : alors le côté BC deviendra le Sinus de l'arc DC , ou de l'angle A . Ainsi si l'hypothénuse AC , étoit de 100000 pieds, il n'y auroit qu'à chercher dans les Tables le Sinus de l'angle A , & on auroit tout d'un coup la valeur de BC en pieds.

87. Supposé que l'angle A soit de 40 deg. 10 min. on trouvera le nombre 64501 pour son Sinus, & ce seroit donc la valeur de BC . Mais si l'hypothénuse AC , au lieu d'être de 100000 pieds, n'est que de 350 pieds, le côté BC sera plus petit dans le même rapport, & il faudra par conséquent faire cette proportion ou règle de Trois: le Sinus total 100000 est aux 350 pieds de AC , comme le Sinus 64501 de l'angle A est à BC . On trouvera pour la lon-

gueur, en faisant le calcul, 225 pieds, & un peu plus de trois quarts.

88. Si du point C comme centre on décrit l'arc AE , l'hypothénuse AC servira encore de Sinus total, ou de rayon, & le côté AB , fera le Sinus de l'arc AE ou de l'angle C . Ainsi il n'y auroit point de calcul à faire, supposé que l'hypothénuse fût de 100000 pieds; & il suffiroit pour avoir la longueur de AB , de chercher dans les Tables le Sinus de l'angle C , qui est de $49^{\circ} 50'$, lorsque l'angle A est de $40^{\circ} 10'$, & que le triangle est rectangle. Les Tables présentent ordinairement dans la même ligne les deux Sinus complémens l'un de l'autre, une colonne de degré descendant depuis zero jusqu'à 45° . & l'autre allant en montant depuis 45° . jusqu'à 90 . On trouve 76417 pour le Sinus de $49^{\circ} 50'$: mais comme l'hypothénuse AC n'est que de 350 pieds, il faut diminuer dans le même rapport le Sinus 76417 que fournit la Table. Nous ferons donc cette règle de Trois, ou proportion: le Sinus total 100000 est à AC qui est de 350 pieds, comme le Sinus 76417 de l'angle C est à AB pour lequel on trouvera 267 pieds presque & demi en achevant le calcul.

89. C'est une règle générale dont il faut se ressouvenir, parce qu'elle est d'un usage presque continuel dans la Trigonométrie, que dans tous les triangles formés par des lignes droites, soit que ces triangles soient rectangles, ou qu'ils soient obliques, le Sinus d'un angle est au côté qui lui est opposé, comme le Sinus d'un autre angle est au côté qui lui est opposé. Il a été question jusqu'à présent de triangles-rectangles; & nous avons aussi toujours comparé le Sinus total à l'hypothénuse qui est le côté opposé à l'angle droit.

90. On n'est pas néanmoins absolument obligé de prendre l'hypothénuse pour rayon ou Sinus total dans les triangles-rectangles. Si l'on décrit par la pensée l'arc BF en prenant le côté AB pour rayon, l'autre côté BC deviendra la Tangente de l'arc BF ou de l'angle A , & l'hypothénuse AC en fera la Sécante. Ainsi il n'y aura qu'à cher-

cher dans les Tables la Tangente de l'angle A & sa Sécante, & on pourra les comparer l'une & l'autre aux lignes BC & AC , en même tems qu'on comparera le Sinus total ou le rayon au côté AB . On pourra même faire cette règle de Trois ou analogie, la Sécante de l'angle A est à AC , comme la Tangente du même angle A est à BC . Cette analogie est légitime ; parce que BC est Tangente de l'angle A , pendant que AC en est la Sécante. Mais on tâche, le plus qu'on peut, de mettre toujours dans ces sortes de calculs le Sinus total au premier terme des règles de Trois, parce que c'est le moyen de s'épargner la peine de faire la division. En effet lorsqu'on a multiplié les deux derniers termes l'un par l'autre, & qu'il ne reste plus qu'à diviser par le Sinus total, il suffit pour faire cette division par une manière abrégée, de retrancher autant de chiffres vers la droite, qu'il y a de zéros dans le Sinus total, & on a le quotient à gauche. Lorsque nous avons eu à faire cette règle de Trois, le Sinus total 100000 est à 350 pieds comme 76417 est à AB ; le produit de 350 par 76417 s'est trouvé de 26745950; & si on en retranche les cinq dernières figures, parce qu'il y a cinq zéros dans 100000, il vient 267 au quotient, & le reste 45950 comparé au diviseur 100000 vaut un peu moins d'un demi : il vaut assez exactement $\frac{23}{50}$.

Trouver la largeur du Pas de Calais par la Trigonométrie.

(Voyez Figure 35.)

91. Pour donner une application remarquable des règles précédentes, nous rapporterons ici l'opération par laquelle M^{rs} Picard & de la Hire déterminèrent la largeur du Pas de Calais, qui est l'endroit le plus étroit de la Manche ou du Canal qui sépare la France de l'Angleterre. Ils mesurèrent, sur la Grève, en commençant à la pointe du Bastion du Risban de Calais, une base CB (Fig. 35.) de 2500 toises de

longueur, ou de 15000 pieds de Roy. Ils prirent ensuite avec un instrument exact la mesure des angles C & B , en visant des deux points de station, au milieu des deux tours les plus apparentes du Château de Douvre. Ils trouverent l'angle en C de $37^{\circ}.58^m$. & l'angle en B de $137^{\circ}.30^m$. Ainsi l'angle à Douvre qui est le reste à 180 degrez, puisque les trois angles d'un triangle forment toujours le demi-cercle, étoit de $4^{\circ}.32^m$. & c'est donc la valeur de l'angle D . Cela supposé, il ne restoit plus qu'à chercher dans les Tables les Sinus des angles B & D , & à faire cette analogie ou règle de Trois : le Sinus de l'angle D est au côté opposé CB , ou à la base mesurée, comme le Sinus de l'angle B est au côté CD qui est celui qu'on vouloit découvrir.

92. Le Sinus de l'angle D est 7904, c'est ce qu'on trouve dans les Tables en cherchant vis-à-vis de $4^{\circ}.32'$. Nous nous sommes contentés de marquer dans les Tables que nous insérerons à la fin de ce premier Livre, les Sinus, de 10^m . en 10^m . On n'y trouvera donc pas le Sinus de $4^{\circ}.32^m$: mais si on cherche la différence entre les Sinus de $4^{\circ}.30'$, & de $4^{\circ}.40'$ on verra qu'elle est de 290 ; & si on prend la cinquième partie de cette différence, il viendra 58 pour celle qui doit répondre à $2'$, & qu'il faut par conséquent ajouter au Sinus de $4^{\circ}.30^m$. pour avoir celui de $4^{\circ}.32'$. Si l'on avoit besoin du Sinus de $4^{\circ}.35'$, on prendroit le milieu entre 7846 & 8136 ; ou ce qui revient au même, on ajouteroit au premier la moitié de la différence 290. Pour avoir le Sinus de $4^{\circ}.31'$. on prendroit par la même raison la dixième partie de la différence 290 qui est produite par les dix minutes qu'il y a entre $4^{\circ}.30'$ & $4^{\circ}.40'$; & ajoutant cette dixième partie à 7846 Sinus de $4^{\circ}.30'$, on auroit 7875 pour celui de $4^{\circ}.31'$. C'est ce qu'on appelle prendre les *parties proportionnelles*, & ce qui est d'un usage presque toujours nécessaire, lorsqu'on a recours aux Tables, parce que ceux qui les ont construites, n'ont pu leur donner qu'une certaine étendue.

Fig. 35.

93. Nous revenons à l'exemple que nous nous sommes proposé. Nous avons 7904 pour le Sinus de l'angle D , (Fig. 35.) qui est de $4^{\circ}.32'$; & nous avons 67559 pour celui de l'angle B . Mais on doit remarquer que ce second Sinus ne se trouve pas vis-à-vis de $137^{\text{d}}.30^{\text{m}}$, mais vis-à-vis du surplus de ce nombre à 180 degrez. On a vu plus haut sur la Figure 33, que les Sinus des arcs, comme AM , qui surpassent le quart de cercle, vont en diminuant, & sont plus courts que le Sinus total. C'est pour cette raison que les Tables des Sinus ne s'étendent pas au-delà de 90 degrez; & que pour avoir le Sinus de l'arc ABM de $137^{\text{d}}.30^{\text{m}}$. on prend celui MN de l'arc MO qui est de $42^{\text{d}}.30^{\text{m}}$. Enfin les deux Sinus 7904 & 67559 étant trouvés, il ne reste plus qu'à faire cette règle de Trois; 7904 Sinus de l'angle D (Fig. 35) est à CB qui est de 2500 toises, comme 67559 Sinus de l'angle B est à 21369 toises pour la distance CD de Calais jusqu'à Douvre.

Trouver par la Trigonométrie combien il s'en faut que le Soleil ne réponde à plomb sur un lieu.

(Voyez Figure 36.)

Figure 36.

94. » On peut, par la même Méthode, trouver les
 » angles d'un triangle dont on connoît les côtés. Nous
 » nous proposerons pour exemple, de mesurer combien il
 » s'en faut que le Soleil ne réponde sur notre tête, ou com-
 » bien il est éloigné du point le plus haut du Ciel à notre
 » égard. Nous voulons suppléer au défaut de l'instrument
 » de la Figure 3, ou de tous les autres dont on se sert
 » ordinairement pour faire cette observation, qui, comme
 » on le verra dans la suite, est extrêmement importan-
 » te. On aura une feuille de tole ou de fer blanc AB
 » (Fig. 36.) qui sera percée en O d'un petit trou d'une
 » demie ligne, ou une ligne de diamètre. On attachera
 » cette

Cette platine ou feuille, par une de ses extrémités ; au « haut d'un pieu ; ou si on est dans un endroit où il y ait « quelque cabane , on dérangera le chaume de son toit , & « on introduira la platine dans l'ouverture , sans se mettre « fort en peine si elle se trouve de niveau ou dans une situa- « tion inclinée. La lumière du Soleil passera par le petit « trou O , on la recevra en C sur un morceau de planche « ou sur une tuile : on suspendra au petit trou un fil à plomb « OP ; & il ne restera plus qu'à mesurer la longueur du « rayon de lumière OC , & la plus courte distance CD du « centre du point lumineux C au fil à plomb. «

95. Il n'importe de quelles parties égales on se serve « pour mesurer ces deux lignes , pourvu qu'on employe les « mêmes parties , & qu'elles soient suffisamment petites , « afin qu'il soit permis de négliger les fractions. J'ai pour « l'ordinaire dans mes voyages , employé le pied de Roy , « divisé en 400 parties. Je posois quelquefois la feuille de « toile à 7 ou 8 pieds de hauteur : je prenois avec deux ro- « seaux que je faisois glisser l'un sur l'autre , la longueur de « CO , & je voyois combien elle contenoit de parties : « les mêmes roseaux me servoient à prendre la plus courte « distance du point C au fil à plomb OP ; ce qui me dispen- « soit d'examiner si le terrain étoit uni & de niveau. Com- « me le fil à plomb ne descendoit pas d'en-haut , précisé- « ment du centre du petit trou , il me falloit avoir égard « à la demie largeur de ce même trou que j'ajoutois à la « distance CD , ou que j'en retranchois. J'avois après cela « les deux côtés CO & CD du triangle-rectangle CDO ; « & il n'étoit plus question que de chercher par le calcul « l'angle que formoient en O le rayon du Soleil & le fil à « plomb. Le fil étoit comme un *Gnomon* ou stile , qui avoit « pour sommet le centre du petit trou. «

96. Ne sachant pas qu'on eût fait d'observation à Sainte « Marthe à la côte du Nord de l'Amérique Espagnole , « j'eus recours à une semblable opération le 30 Octobre « 1743. à midy. La longueur du rayon de lumière ne se «

*il en est parlé
à la page 65
et à la page 265*

» trouva que de 2217 parties, de celles qui étoient mar-
 » quées sur un compas de proportion que j'avois ; & la plus
 » courte distance CD du rayon de lumière au fil à plomb,
 » se trouva de 945 de ces mêmes parties. Lorsqu'on prend
 » l'hypothénuse CO pour rayon ou pour Sinus total, le côté
 » CD est le Sinus de l'angle COD qui lui est opposé. Ainsi
 » si le rayon de lumière s'étoit trouvé de 100000 parties,
 » il n'y auroit qu'à chercher dans les Tables entre les Si-
 » nus la longueur de CD , & on auroit vis-à-vis, la gran-
 » deur de l'angle qu'on veut découvrir ; mais CO n'étant
 » que de 2217 parties, il faut faire cette proportion ou ré-
 » gle de Trois ; 2217 est au Sinus total 100000, comme
 » 945 est à un quatrième terme, qui sera le Sinus de l'angle
 » COD . La règle de Trois étant faite, on a 42625, & on
 » trouve que ce Sinus répond à un peu moins de 25 deg.
 » 14 min. C'est-à-dire, qu'il s'en falloit beaucoup que le So-
 » leil ne répondît précisément au-dessus du Port de Sainte
 » Marthe, lorsque j'y étois. Cet astre paroïssoit éloigné du
 » point le plus haut du Ciel d'un peu moins de 25 deg. 14
 » min. Je dois ajouter que cette Méthode peut se trouver
 » très-utile aux Navigateurs dans les endroits où ils abor-
 » dent, & qu'elle est susceptible d'une très-grande préci-
 » sion, malgré la simplicité ou même la grossièreté appa-
 » rente des expédiens qu'elle emploie. »

IV.

*Moyen d'abrégé les Calculs précédens par
 les Logarithmes.*

(Voyez Fig. 34, 35.)

97. On abrège ordinairement les calculs en se servant
 des Logarithmes qui sont des nombres tellement disposés,
 que leur addition tient lieu de multiplication, & leur sou-
 straction tient lieu de division. Nous ne devons pas entre-
 prendre ici d'en expliquer parfaitement la nature, il nous

suffit de dire, que lorsqu'on a de grands calculs à faire, au lieu d'opérer sur les nombres mêmes qu'on a, on opère sur leurs Logarithmes qu'on cherche dans des Tables destinées à cet usage; & ces Logarithmes sont tellement choisis, qu'il y a toujours entr'eux les mêmes différences, toutes les fois que les nombres auxquels ils répondent, ont entr'eux un égal rapport. Le Logarithme de 20, par exemple, surpasse autant celui de 15, que le Logarithme de 400 surpasse celui de 300, ou que celui de 8 surpasse celui de 6; parce qu'il y a même rapport de 20 à 15, que de 400 à 300, ou de 8 à 6. Cela supposé, lorsqu'on veut faire une proportion ou règle de Trois par les Logarithmes, il n'y a qu'à voir combien il y a de différence entre les Logarithmes des deux premiers termes, & mettre la même différence entre les Logarithmes du 3^{me}. & du 4^{me}. Ou ce qui revient au même, il n'y a qu'à ajouter ensemble les Logarithmes du second & du troisième termes, & ôter de la somme le Logarithme du premier; & on aura le Logarithme du quatrième.

98. Dans le premier exemple que nous nous sommes proposé sur le triangle de la Figure 34, nous avons supposé (N^o. 87) que l'hypothénuse *AC* étoit de 350 pieds, & que l'angle *A* étoit de 40^d. 10^m; & nous avons fait cette règle de Trois pour découvrir la longueur du côté *BC*; le Sinus total est à *AC*, qui est de 350 pieds, comme le Sinus de 40^d. 10^m. est à *BC*. Si nous voulons faire actuellement l'opération par les Logarithmes, nous n'avons qu'à chercher ceux des Sinus de 90 degrez, & de 40^d. 10^m, & mettre aussi à la place de 350 son Logarithme qu'on trouve dans une Table particulière, qui est pour les nombres absolus. On aura les trois termes, 10.0000000 est à 2.5440680, comme 9.8095686 est à un quatrième terme. On ne doit pas ici avoir égard au point placé vers le commencement de ces Logarithmes: la figure ou le chiffre qui est retranché à gauche, se nomme la *Caractéristique* du Logarithme; mais le calcul se fait précisément comme si ce chiffre n'étoit

Figure 34

point séparé. Le premier des trois nombres surpasse le second, de 7. 4559320 : ainsi il n'y a qu'à mettre cette même différence entre le 3^{me}. & le 4^{me}; ce qui donnera 2. 3536366 pour ce dernier. On le trouvera encore, si l'on veut, en ajoutant ensemble le second & le troisième termes, & en ôtant de la somme le premier. Le Logarithme 2. 3536366 qui reste, n'est pas la valeur même de BC ; mais il n'y a qu'à voir à quel nombre il répond dans les Tables, & on trouvera presque 226 pieds. Nous mettons ici ce calcul sous les yeux du Lecteur.

Le Sinus tot. est à AC de 350 pi. comme le Sin. de l'angl. A de 40^d. 10^m. est à BC .

$$\begin{array}{r} \text{Logarith. } 10.0000000 \text{ ——— } 2.5440680 \text{ ——— } 9.8095686 \\ \phantom{\text{Logarith. } 10.0000000 \text{ ——— }} 9.8095686 \\ \hline 12.3536366 \\ 10.0000000 \\ \hline 2.3536366 \text{ Logar. de } 225\frac{3}{4} \text{ pi.} \\ \text{pour le côté } BC. \end{array}$$

Figure 35.

99. Si on veut chercher la distance de Calais à Douvre par les Logarithmes, on aura ces trois nombres; 8. 8978418 est à 3. 3979400 comme 9. 8296833 est au Logarithme de la distance cherchée. Le premier de ces nombres est le Logarithme du Sinus de 4^d. 32^m, & le troisième le Logarithme Sinus de 42^d. 30^m; & quant au second il est le Logarithme de 2500 toises que fournit la seconde Table, celle qui est destinée aux nombres absolus. Il faut remarquer que celle qu'on trouvera ci-après, ne va que jusqu'à 500; mais il est facile de l'étendre à des nombres beaucoup plus grands. Il n'y a qu'à chercher le Logarithme de 250, on trouvera 2. 3979400; & comme il faudroit multiplier 250 par 10, pour convertir ce nombre en 2500, il n'y a qu'à ajouter au Logarithme de 250 celui de 10 qui est 1. 0000000, & on aura 3. 3979400 pour le

Logarithme de 2500. Par une pareille augmentation le Logarithme de 25 devient celui de 250; & celui de 20 devient celui de 200, &c. Il suffit toujours d'augmenter de l'unité la Caractéristique d'un Logarithme; & c'est la même chose que si on multiplioit le nombre par 10.

100. Enfin, puisque nous avons les trois Logarithmes 8.8978418..... 3.3979400... & 9.8296833, il ne nous reste qu'à ajoûter ensemble le deuxième & le troisième, & ôtant de leur somme le premier, il nous viendra le quatrième terme 4.3297815. Mais il se présente encore ici la même difficulté que ci-devant, à cause du peu d'étendue qu'ont ordinairement les Tables des Logarithmes que les Navigateurs ont entre les mains. Leurs Tables pour les nombres absolus ne vont presque jamais assez loin pour qu'on puisse y trouver ce Logarithme. Il faut dans ce cas se ressouvenir de ce que nous avons dit, que la division des nombres répond à la soustraction de leurs Logarithmes. Cela supposé, nous n'avons qu'à rendre le Logarithme 4.3297815 plus petit, en le diminuant du Logarithme de 50 ou de 60, ou de quelque autre nombre; & nous ferons attention aussi qu'au lieu de trouver immédiatement après cela la distance de Calais à Douvre, nous aurons ensuite une distance 50 ou 60 fois plus petite. Le Logarithme de 60 est 1.7781512; je l'ôte de 4.3297815, & il me vient 2.5516303 qui répond à un peu plus de 356 toises ou à 356 $\frac{1}{2}$. Mais comme ce nombre est 60 fois trop petit, il faut le multiplier par 60; & on aura 21369 toises pour la distance de Calais à Douvre: Lorsqu'on est sujet à faire de grands calculs, & qu'on veut s'épargner la peine de faire les réductions que nous venons d'employer, on a le soin de se munir de Tables moins limitées.

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	Log. SIN.	Log. TANG.	D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	Log. SINUS.	Log. TANG.
O. O	OO	OO	100000	Infini negat.	Infini. neg.	90.0	100000	Infini.	Infinie.	10.0000000	Infini.
10	291	291	100000	7.4637255	7.4637273	50	100000	34377371	34377516	9.9999982	12.5362727
20	582	582	100002	7.7647537	7.7647610	40	99998	17188540	17188831	9.9999927	12.2352390
30	873	873	100004	7.9408419	7.9408584	30	99996	11458865	11459301	9.9999835	12.0591416
40	1164	1164	100007	8.0657763	8.0658057	20	99993	8593979	8594561	9.9999706	11.9341943
50	1454	1455	100011	8.1626808	8.1627267	10	99989	6875009	6875736	9.9999541	11.8372733
1. 0	1745	1746	100015	8.2418553	8.2419215	89.0	99985	5728996	5729869	9.9999338	11.7580785
10	2036	2037	100021	8.3087941	8.3088842	50	99979	4910388	4911406	9.9999100	11.6911158
20	2327	2328	100027	8.3667769	8.3668945	40	99973	4296408	4297571	9.9998824	11.6331055
30	2618	2619	100034	8.4179190	8.4180679	30	99966	3818846	3820155	9.9998512	11.5819321
40	2908	2910	100042	8.4636649	8.4638486	20	99958	3436777	3438232	9.9998162	11.5361514
50	3199	3201	100051	8.5050447	8.5052671	10	99949	3124158	3125758	9.9997776	11.4947329
2. 0	3490	3492	100061	8.5428192	8.5430838	88.0	99939	2863625	2865371	9.9997354	11.4569162
10	3781	3783	100072	8.5775660	8.5778766	50	99929	2643160	2645051	9.9996894	11.4221234
20	4071	4075	100083	8.6097341	8.6100943	40	99917	2454176	2456212	9.9996398	11.3899057
30	4362	4366	100095	8.6396796	8.6400931	30	99905	2290377	2292559	9.9995865	11.3599059
40	4653	4658	100108	8.6676893	8.6681598	20	99892	2147040	2149368	9.9995297	11.3318402
50	4943	4949	100122	8.6939980	8.6945292	10	99878	2020555	2023028	9.9994688	11.3054708
3. 0	5234	5241	100137	8.7188002	8.7193958	87.0	99863	1908114	1910732	9.9994044	11.2806042
10	5524	5533	100153	8.7422586	8.7429222	50	99847	1807498	1810262	9.9993364	11.2570778
20	5814	5824	100169	8.7645111	8.7652465	40	99831	1716934	1719843	9.9992646	11.2347535
30	6105	6116	100187	8.7856753	8.7864861	30	99813	1634986	1638041	9.9991892	11.2135139
40	6395	6408	100205	8.8058523	8.8067422	20	99795	1560478	1563679	9.9991101	11.1932578
50	6685	6700	100224	8.8251299	8.8261026	10	99776	1492442	1495788	9.9990273	11.1738974
4. 0	6976	6993	100244	8.8435845	8.8446437	86.0	99756	1430067	1433559	9.9989408	11.1555563
10	7266	7285	100265	8.8612833	8.8624327	50	99736	1372674	1376311	9.9988506	11.1375673
20	7556	7578	100287	8.8782854	8.8795286	40	99714	1319688	1323472	9.9987567	11.1204714
30	7846	7870	100309	8.8946433	8.8959842	30	99692	1270620	1274549	9.9986591	11.1040158
40	8136	8163	100333	8.9104039	8.9118460	20	99668	1225051	1229125	9.9985579	11.0881540
50	8426	8456	100357	8.9256089	8.9271560	10	99644	1182617	1186837	9.9984529	11.0728440
5. 0	8716	8749	100382	8.9402960	8.9419518	85.0	99619	1143005	1147371	9.9983442	11.0580482
10	9005	9042	100408	8.9544991	8.9562672	50	99594	1105943	1110455	9.9982318	11.0437328
20	9295	9335	100435	8.9682487	8.9701330	40	99567	1071191	1075849	9.9981158	11.0298670
30	9585	9629	100463	8.9815729	8.9835769	30	99540	1038540	1043343	9.9979960	11.0164231
40	9874	9923	100491	8.9944968	8.9966243	20	99511	1007803	1012752	9.9978725	11.0033757
50	10164	10216	100521	9.0070436	9.0092984	10	99482	978817	983912	9.9977453	10.9907016
6. 0	10453	10510	100551	9.0192346	9.0216202	84.0	99452	951436	956677	9.9976143	10.9783798
10	10742	10805	100582	9.0310890	9.0336093	50	99421	925530	930917	9.9974797	10.9663907
20	11031	11099	100614	9.0426249	9.0452836	40	99390	900983	906515	9.9973414	10.9547164
30	11320	11394	100647	9.0538588	9.0566595	30	99357	877689	883367	9.9971993	10.9433405
40	11609	11688	100681	9.0648057	9.0677522	20	99324	855555	861379	9.9970535	10.9322478
50	11898	11983	100715	9.0754799	9.0785760	10	99290	834496	840466	9.9969040	10.9214240
7. 0	12187	12278	100751	9.0858945	9.0891438	83.0	99255	814435	820551	9.9967507	10.9108562
10	12476	12574	100787	9.0960615	9.0994678	50	99219	795302	801564	9.9965937	10.9005322
20	12764	12869	100825	9.1059924	9.1095594	40	99182	777035	783443	9.9964330	10.8904406
30	13053	13165	100863	9.1156977	9.1194291	30	99144	759575	766130	9.9962686	10.8805709
40	13341	13461	100902	9.1251872	9.1290868	20	99106	742871	749571	9.9961004	10.8709132
50	13629	13758	100942	9.1344702	9.1385417	10	99067	726873	733719	9.9959284	10.8614583

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D.M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.	D.M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.
8. 0	13917	14054	100983	9.1435553	9.1478025	82.0	99027	711537	718530	9.9957528	10.8521975
10	14205	14351	101024	9.1524507	9.1568773	50	98986	696823	703962	9.9955734	10.8431227
20	14493	14648	101067	9.1611639	9.1657737	40	98944	682694	689979	9.9953902	10.8342263
30	14781	14945	101111	9.1697021	9.1744988	30	98902	669116	676547	9.9952033	10.8255012
40	15069	15243	101155	9.1780721	9.1830595	20	98858	656055	663633	9.9950126	10.8169405
50	15356	15540	101200	9.1862802	9.1914621	10	98814	643484	651208	9.9948181	10.8085379
9. 0	15643	15838	101247	9.1943324	9.1997125	81.0	98769	631375	639245	9.9946199	10.8002875
10	15931	16137	101294	9.2022345	9.2078165	50	98723	619703	627719	9.9944180	10.7921835
20	16218	16435	101342	9.2099917	9.2157795	40	98676	608444	616607	9.9942122	10.7842205
30	16505	16734	101390	9.2176092	9.2236065	30	98629	597576	605886	9.9940027	10.7763935
40	16792	17033	101440	9.2250918	9.2313024	20	98580	587080	595536	9.9937894	10.7686976
50	17078	17333	101491	9.2324440	9.2388717	10	98531	576937	585539	9.9935723	10.7611283
10. 0	17365	17633	101543	9.2396702	9.2463188	80.0	98481	567128	575877	9.9933515	10.7536812
10	17651	17933	101595	9.2467746	9.2536477	50	98430	557638	566533	9.9931268	10.7463523
20	17937	18233	101649	9.2537609	9.2608625	40	98378	548451	557493	9.9928984	10.7391375
30	18224	18534	101703	9.2606330	9.2679669	30	98325	539552	548740	9.9926661	10.7320331
40	18509	18835	101758	9.2673945	9.2749644	20	98272	530928	540263	9.9924301	10.7250356
50	18795	19136	101815	9.2740487	9.2818585	10	98218	522566	532049	9.9921902	10.7181415
11. 0	19081	19438	101872	9.2805988	9.2886523	79.0	98163	514455	524084	9.9919466	10.7113477
10	19366	19740	101930	9.2870480	9.2953489	50	98107	506584	516359	9.9916991	10.7046511
20	19652	20042	101989	9.2933993	9.3019514	40	98050	498940	508863	9.9914478	10.6980486
30	19937	20345	102049	9.2996553	9.3084626	30	97992	491516	501585	9.9911927	10.6915374
40	20222	20648	102110	9.3058189	9.3148851	20	97934	484300	494517	9.9909338	10.6851149
50	20507	20952	102171	9.3118926	9.3212216	10	97875	477286	487649	9.9906710	10.6787784
12. 0	20791	21256	102234	9.3178789	9.3274745	78.0	97815	470463	480973	9.9904044	10.6725255
10	21076	21560	102298	9.3237802	9.3336463	50	97754	463825	474482	9.9901339	10.6663537
20	21360	21864	102362	9.3295988	9.3397391	40	97692	457363	468167	9.9898597	10.6602609
30	21644	22169	102428	9.3353368	9.3457552	30	97630	451071	462023	9.9895815	10.6542448
40	21928	22475	102494	9.3409963	9.3516968	20	97566	444942	456041	9.9892995	10.6483032
50	22212	22781	102562	9.3465794	9.3575568	10	97502	438969	450216	9.9890137	10.6424342
13. 0	22495	23087	102630	9.3520880	9.3633641	77.0	97437	433148	444541	9.9887239	10.6366359
10	22778	23393	102700	9.3575240	9.3690937	50	97371	427471	439012	9.9884303	10.6309063
20	23062	23700	102770	9.3628892	9.3747563	40	97304	421933	433621	9.9881329	10.6252437
30	23345	24008	102842	9.3681853	9.3803537	30	97237	416530	428366	9.9878315	10.6196463
40	23627	24316	102914	9.3734139	9.3858876	20	97169	411256	423239	9.9875263	10.6141124
50	23910	24624	102987	9.3785767	9.3913595	10	97100	406107	418238	9.9872171	10.6086405
14. 0	24192	24933	103061	9.3836792	9.3967711	76.0	97030	401078	413357	9.9869041	10.6032289
10	24474	25242	103137	9.3887109	9.4021237	50	96959	396165	408591	9.9865872	10.5978763
20	24756	25552	103213	9.3936852	9.4074189	40	96887	391364	403938	9.9862663	10.5925811
30	25038	25862	103290	9.3985996	9.4126581	30	96815	386671	399393	9.9859416	10.5873419
40	25320	26172	103368	9.4034554	9.4178425	20	96742	382083	394952	9.9856129	10.5821575
50	25601	26483	103447	9.4082539	9.4229735	10	96667	377595	390612	9.9852803	10.5770265
15. 0	25882	26795	103528	9.4129962	9.4280525	75.0	96593	373205	386370	9.9849438	10.5719475
10	26163	27107	103609	9.4176837	9.4330804	50	96517	368909	382223	9.9846033	10.5669196
20	26443	27419	103691	9.4223176	9.4380587	40	96440	364705	378166	9.9842589	10.5619413
30	26724	27732	103774	9.4268988	9.4429883	30	96363	360588	374198	9.9839105	10.5570117
40	27004	28046	103858	9.4314286	9.4478704	20	96285	356557	370315	9.9835582	10.5521296
50	27284	28360	103944	9.4359080	9.4527061	10	96206	352609	366515	9.9832019	10.5472939

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.	D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.
16.0	27564	28675	104030	9.4403381	9.4574964	74.0	96126	348741	362796	9.9828416	10.5425036
10	27843	28990	104117	9.4447197	9.4622423	50	96046	344951	359154	9.9824774	10.5377577
20	28123	29305	104206	9.4490540	9.4669448	40	95964	341236	355587	9.9821092	10.5330552
30	28402	29621	104295	9.4533418	9.4716048	30	95882	337594	352094	9.9817370	10.5283952
40	28680	29938	104385	9.4575840	9.4762233	20	95799	334023	348671	9.9813608	10.5237767
50	28959	30255	104477	9.4617816	9.4808011	10	95715	330521	345317	9.9809805	10.5191989
17.0	29237	30573	104569	9.4659353	9.4853390	73.0	95630	327085	342030	9.9805963	10.5146610
10	29515	30891	104663	9.4700461	9.4898380	50	95545	323714	338808	9.9802081	10.5101620
20	29793	31210	104757	9.4741146	9.4942988	40	95459	320406	335649	9.9798158	10.5057012
30	30071	31530	104853	9.4781418	9.4987223	30	95372	317159	332551	9.9794195	10.5012777
40	30348	31850	104950	9.4821283	9.5031092	20	95284	313972	329512	9.9790192	10.4968908
50	30625	32171	105047	9.4860749	9.5074602	10	95195	310842	326531	9.9786148	10.4925398
18.0	30902	32492	105146	9.4899824	9.5117760	72.0	95106	307768	323607	9.9782063	10.4882240
10	31178	32814	105246	9.4938513	9.5160575	50	95015	304749	320737	9.9777938	10.4839245
20	31454	33136	105347	9.4976824	9.5203052	40	94924	301783	317920	9.9773772	10.4796948
30	31730	33460	105449	9.5014764	9.5245199	30	94832	298868	315155	9.9769566	10.4754801
40	32006	33783	105552	9.5052339	9.5287021	20	94740	296004	312440	9.9765318	10.4712979
50	32282	34108	105657	9.5089556	9.5328526	10	94646	293189	309774	9.9761030	10.4671474
19.0	32557	34433	105762	9.5126419	9.5369719	71.0	94552	290421	307155	9.9756701	10.4630281
10	32832	34758	105869	9.5162936	9.5410606	50	94457	287700	304584	9.9752330	10.4589394
20	33106	35085	105976	9.5199112	9.5451193	40	94361	285023	302057	9.9747918	10.4548807
30	33381	35412	106085	9.5234953	9.5491487	30	94264	282391	299574	9.9743466	10.4508513
40	33655	35740	106195	9.5270463	9.5531492	20	94167	279802	297135	9.9738971	10.4468508
50	33929	36068	106306	9.5305650	9.5571214	10	94068	277254	294737	9.9734435	10.4428786
20.0	34202	36397	106418	9.5340517	9.5610659	70.0	93969	274748	292380	9.9729858	10.4389341
10	34475	36727	106531	9.5375069	9.5649831	50	93869	272281	290063	9.9725239	10.4350169
20	34748	37057	106645	9.5409314	9.5688735	40	93769	269853	287785	9.9720579	10.4311265
30	35021	37388	106761	9.5443253	9.5727377	30	93667	267462	285545	9.9715876	10.4272623
40	35293	37720	106878	9.5476893	9.5765761	20	93565	265109	283342	9.9711132	10.4234239
50	35565	38053	106995	9.5510237	9.5803892	10	93462	262791	281175	9.9706346	10.4196108
21.0	35837	38386	107114	9.5543292	9.5841774	69.0	93358	260509	279043	9.9701517	10.4158226
10	36108	38721	107235	9.5576060	9.5879413	50	93253	258261	276945	9.9696647	10.4120587
20	36379	39055	107356	9.5608546	9.5916812	40	93148	256046	274881	9.9691734	10.4083188
30	36650	39391	107479	9.5640754	9.5953975	30	93042	253865	272850	9.9686779	10.4046025
40	36921	39727	107602	9.5672689	9.5990908	20	92935	251716	270851	9.9681781	10.4009092
50	37191	40065	107727	9.5704355	9.6027613	10	92827	249597	268884	9.9676741	10.3972387
22.0	37461	40403	107853	9.5735754	9.6064066	68.0	92718	247509	266947	9.9671659	10.3935904
10	37730	40741	107981	9.5766892	9.6100359	50	92609	245451	265040	9.9666533	10.3899641
20	37999	41081	108109	9.5797772	9.6136407	40	92499	243422	263162	9.9661365	10.3863593
30	38268	41421	108239	9.5828397	9.6172243	30	92388	241421	261313	9.9656153	10.3827757
40	38537	41763	108370	9.5858771	9.6207872	20	92276	239449	259491	9.9650899	10.3792128
50	38805	42105	108503	9.5888897	9.6243296	10	92164	237504	257698	9.9645602	10.3756704
23.0	39073	42447	108636	9.5918780	9.6278519	67.0	92050	235585	255930	9.9640261	10.3721481
10	39341	42791	108771	9.5948422	9.6313545	50	91936	233693	254190	9.9634877	10.3686455
20	39608	43136	108907	9.5977827	9.6348378	40	91822	231826	252474	9.9629449	10.3651622
30	39875	43481	109044	9.6006997	9.6383019	30	91706	229984	250784	9.9623978	10.3616981
40	40141	43828	109183	9.6035936	9.6417473	20	91590	228167	249119	9.9618463	10.3582527
50	40408	44175	109323	9.6064647	9.6451743	10	91472	226374	247477	9.9612904	10.3548257

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.	D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.
24.0	40674	44523	109464	9.6093133	9.6485831	66.0	91355	224604	245859	9.9607302	10.3514169
10	40939	44872	109606	9.6121397	9.6519742	50	91236	222857	244264	9.9601655	10.3430258
20	41204	45222	109750	9.6149441	9.6553477	40	91116	221132	242692	9.9595964	10.3446523
30	41469	45573	109895	9.6177270	9.6587041	30	90996	219430	241142	9.9590229	10.3412960
40	41734	45924	110041	9.6204884	9.6620434	20	90875	217749	239614	9.9584450	10.3379566
50	41998	46277	110189	9.6232287	9.6653662	10	90753	216090	238106	9.9578626	10.3346338
25.0	42262	46631	110338	9.6259483	9.6686725	65.0	90631	214451	236620	9.9572757	10.3313275
10	42525	46985	110488	9.6286472	9.6719628	50	90507	212832	235154	9.9566844	10.3280372
20	42788	47341	110640	9.6313258	9.6752372	40	90383	211233	233708	9.9560886	10.3247628
30	43051	47698	110793	9.6339844	9.6784961	30	90259	209654	232282	9.9554882	10.3215039
40	43313	48055	110947	9.6366231	9.6817396	20	90133	208094	230875	9.9548834	10.3182604
50	43575	48414	111103	9.6392422	9.6849681	10	90007	206553	229487	9.9542741	10.3150319
26.0	43837	48773	111260	9.6418420	9.6881818	64.0	89879	205030	228117	9.9536602	10.3118182
10	44098	49134	111419	9.6444226	9.6913809	50	89752	203526	226766	9.9530418	10.3086191
20	44359	49495	111579	9.6469844	9.6945656	40	89623	202039	225432	9.9524188	10.3054344
30	44620	49858	111740	9.6495274	9.6977363	30	89493	200569	224116	9.9517912	10.3022637
40	44880	50222	111903	9.6520521	9.7008930	20	89363	199116	222817	9.9511590	10.2991070
50	45140	50587	112067	9.6545584	9.7040362	10	89232	197680	221535	9.9505223	10.2959638
27.0	45399	50953	112233	9.6570468	9.7071659	63.0	89101	196261	220269	9.9498809	10.2928341
10	45658	51319	112400	9.6595173	9.7102824	50	88968	194858	219019	9.9492349	10.2897176
20	45917	51688	112568	9.6619701	9.7133859	40	88835	193470	217786	9.9485842	10.2866141
30	46175	52057	112738	9.6644056	9.7164767	30	88701	192098	216568	9.9479289	10.2835233
40	46433	52427	112910	9.6668238	9.7195549	20	88566	190741	215366	9.9472689	10.2804451
50	46690	52798	113083	9.6692250	9.7226207	10	88431	189400	214178	9.9466043	10.2773793
28.0	46947	53171	113257	9.6716093	9.7256744	62.0	88295	188073	213005	9.9459349	10.2743256
10	47204	53545	113433	9.6739769	9.7287161	50	88158	186760	211847	9.9452609	10.2712839
20	47460	53920	113610	9.6763281	9.7317460	40	88020	185462	210704	9.9445821	10.2682540
30	47716	54296	113789	9.6786629	9.7347644	30	87882	184177	209574	9.9438985	10.2652356
40	47971	54673	113970	9.6809816	9.7377714	20	87743	182906	208458	9.9432102	10.2622286
50	48226	55051	114152	9.6832843	9.7407672	10	87603	181649	207356	9.9425171	10.2592328
29.0	48481	55431	114335	9.6855712	9.7437520	61.0	87462	180405	206267	9.9418193	10.2562480
10	48735	55812	114521	9.6878425	9.7467259	50	87321	179174	205191	9.9411166	10.2532741
20	48989	56194	114707	9.6900983	9.7496892	40	87178	177955	204128	9.9404091	10.2503108
30	49242	56577	114896	9.6923388	9.7526420	30	87036	176749	203077	9.9396968	10.2473580
40	49495	56962	115085	9.6945642	9.7555846	20	86892	175556	202039	9.9389796	10.2444154
50	49748	57348	115277	9.6967745	9.7585170	10	86748	174375	201014	9.9382576	10.2414830
30.0	50000	57735	115470	9.6989700	9.7614394	60.0	86603	173205	200000	9.9375306	10.2385606
10	50252	58124	115665	9.7011508	9.7643520	50	86457	172047	198998	9.9367988	10.2356480
20	50503	58513	115861	9.7033170	9.7672550	40	86310	170901	198008	9.9360621	10.2327450
30	50754	58904	116059	9.7054689	9.7701485	30	86163	169766	197029	9.9353204	10.2298515
40	51004	59297	116259	9.7076064	9.7730327	20	86015	168643	196062	9.9345738	10.2269673
50	51254	59691	116460	9.7097299	9.7759077	10	85866	167530	195106	9.9338222	10.2240923
31.0	51504	60086	116663	9.7118393	9.7787737	59.0	85717	166428	194160	9.9330656	10.2212263
10	51753	60483	116868	9.7139349	9.7816309	50	85567	165337	193226	9.9323040	10.2183691
20	52002	60881	117075	9.7160168	9.7844794	40	85416	164256	192302	9.9315374	10.2155206
30	52250	61280	117283	9.7180851	9.7873193	30	85264	163185	191388	9.9307658	10.2126807
40	52498	61681	117493	9.7201399	9.7901508	20	85112	162125	190485	9.9299891	10.2098492
50	52745	62083	117704	9.7221814	9.7929741	10	84959	161074	189591	9.9292073	10.2070259

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.	D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.
32.0	52992	62487	117918	9.7242097	9.7957892	58.0	84805	160033	188708	9.9284205	10.2042108
10	53238	62892	118133	9.7262249	9.7985964	50	84650	159002	187834	9.9276285	10.2014036
20	53484	63299	118350	9.7282271	9.8013957	40	84495	157981	186970	9.9268314	10.1986043
30	53730	63707	118569	9.7302165	9.8041873	30	84339	156969	186116	9.9260292	10.1958127
40	53975	64117	118790	9.7321932	9.8069714	20	84182	155966	185271	9.9252218	10.1930286
50	54220	64528	119012	9.7341572	9.8097480	10	84025	154972	184435	9.9244092	10.1902520
33.0	54464	64941	119236	9.7361088	9.8125174	57.0	83867	153986	183608	9.9235914	10.1874826
10	54708	65355	119462	9.7380479	9.8152795	50	83708	153010	182790	9.9227684	10.1847205
20	54951	65771	119691	9.7399748	9.8180347	40	83549	152043	181981	9.9219401	10.1819653
30	55194	66189	119920	9.7418895	9.8207829	30	83389	151084	181180	9.9211066	10.1792171
40	55436	66608	120152	9.7437921	9.8235244	20	83228	150133	180388	9.9202678	10.1764756
50	55678	67028	120386	9.7456828	9.8262592	10	83066	149190	179604	9.9194237	10.1737408
34.0	55919	67451	120622	9.7475617	9.8289874	56.0	82904	148256	178829	9.9185742	10.1710126
10	56160	67875	120859	9.7494287	9.8317093	50	82741	147330	178062	9.9177194	10.1682907
20	56401	68301	121099	9.7512842	9.8344249	40	82577	146411	177303	9.9168593	10.1655751
30	56641	68728	121341	9.7531280	9.8371343	30	82413	145501	176552	9.9159937	10.1628657
40	56880	69157	121584	9.7549604	9.8398377	20	82248	144598	175808	9.9151228	10.1601623
50	57119	69588	121830	9.7567815	9.8425351	10	82082	143703	175073	9.9142464	10.1574649
35.0	57358	70021	122077	9.7585913	9.8452268	55.0	81915	142815	174345	9.9133645	10.1547732
10	57596	70455	122327	9.7603899	9.8479127	50	81748	141934	173624	9.9124772	10.1520873
20	57833	70891	122579	9.7621775	9.8505931	40	81580	141061	172911	9.9115844	10.1494069
30	58070	71329	122833	9.7639540	9.8532680	30	81412	140195	172205	9.9106860	10.1467320
40	58307	71769	123089	9.7657197	9.8559376	20	81242	139336	171506	9.9097821	10.1440624
50	58543	72211	123347	9.7674746	9.8586019	10	81072	138484	170815	9.9088727	10.1413981
36.0	58779	72654	123607	9.7692187	9.8612610	54.0	80902	137638	170130	9.9079576	10.1387390
10	59014	73100	123869	9.7709522	9.8639152	50	80730	136800	169452	9.9070370	10.1360848
20	59248	73547	124134	9.7726751	9.8665644	40	80558	135968	168782	9.9061107	10.1334356
30	59482	73996	124400	9.7743876	9.8692089	30	80386	135142	168117	9.9051787	10.1307911
40	59716	74447	124669	9.7760897	9.8718486	20	80212	134323	167460	9.9042411	10.1281514
50	59949	74900	124940	9.7777815	9.8744838	10	80038	133511	166809	9.9032977	10.1255162
37.0	60181	75355	125214	9.7794630	9.8771144	53.0	79864	132704	166164	9.9023486	10.1228856
10	60414	75812	125489	9.7811344	9.8797407	50	79688	131904	165526	9.9013938	10.1202593
20	60645	76272	125767	9.7827958	9.8823627	40	79512	131110	164894	9.9004331	10.1176373
30	60876	76733	126047	9.7844471	9.8849805	30	79335	130323	164268	9.8994667	10.1150195
40	61107	77196	126330	9.7860886	9.8875942	20	79158	129541	163648	9.8984944	10.1124058
50	61337	77661	126615	9.7877202	9.8902040	10	78980	128764	163035	9.8975162	10.1097960
38.0	61566	78129	126902	9.7893420	9.8928098	52.0	78801	127994	162427	9.8965321	10.1071902
10	61795	78598	127191	9.7909541	9.8954119	50	78622	127230	161825	9.8955422	10.1045881
20	62024	79070	127483	9.7925566	9.8980104	40	78442	126471	161229	9.8945463	10.1019896
30	62251	79544	127778	9.7941496	9.9006052	30	78261	125717	160639	9.8935444	10.0993948
40	62479	80020	128075	9.7957330	9.9031966	20	78079	124969	160054	9.8925365	10.0968034
50	62706	80498	128374	9.7973071	9.9057845	10	77897	124227	159475	9.8915226	10.0942155
39.0	62932	80978	128676	9.7988718	9.9083692	51.0	77715	123490	158902	9.8905026	10.0916308
10	63158	81461	128980	9.8004272	9.9109507	50	77531	122758	158333	9.8894765	10.0890493
20	63383	81946	129287	9.8019735	9.9135291	40	77347	122031	157771	9.8884444	10.0864709
30	63608	82434	129597	9.8035105	9.9161045	30	77162	121310	157213	9.8874061	10.0838955
40	63832	82923	129909	9.8050385	9.9186769	20	76977	120593	156661	9.8863616	10.0813231
50	64056	83415	130223	9.8065575	9.9212466	10	76791	119882	156114	9.8853109	10.0787534

TABLE des Sinus, Tangentes & Secantes, & de leurs Logarithmes.

D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.	D. M.	SINUS.	TANG.	SECAN.	LOG. SIN.	LOG. TANG.
40.0	64279	83910	130541	9.8080675	9.9238135	50.0	76604	119175	155572	9.8842540	10.0761865
10	64501	84407	130861	9.8095686	9.9263778	50	76417	118474	155036	9.8831908	10.0736222
20	64723	84906	131183	9.8110609	9.9289396	40	76229	117777	154504	9.8821213	10.0710604
30	64945	85408	131509	9.8125444	9.9314989	30	76041	117085	153977	9.8810455	10.0685011
40	65166	85912	131837	9.8140192	9.9340559	20	75851	116398	153455	9.8799634	10.0659441
50	65386	86419	132168	9.8154854	9.9366105	10	75661	115715	152938	9.8788748	10.0633895
41.0	65606	86929	132501	9.8169429	9.9391631	49.0	75471	115037	152425	9.8777799	10.0608369
10	65825	87441	132838	9.8183919	9.9417135	50	75280	114363	151918	9.8766785	10.0582865
20	66044	87955	133177	9.8198325	9.9442619	40	75088	113694	151415	9.8755706	10.0557381
30	66262	88473	133519	9.8212646	9.9468084	30	74896	113029	150916	9.8744561	10.0531916
40	66480	88992	133864	9.8226883	9.9493531	20	74703	112369	150422	9.8733352	10.0506469
50	66697	89515	134212	9.8241037	9.9518961	10	74509	111713	149933	9.8722076	10.0481039
42.0	66913	90040	134563	9.8255109	9.9544374	48.0	74314	111061	149448	9.8710735	10.0455626
10	67129	90569	134917	9.8269098	9.9569772	50	74120	110414	148967	9.8699326	10.0430228
20	67344	91099	135274	9.8283006	9.9595155	40	73924	109770	148491	9.8687851	10.0404845
30	67559	91633	135634	9.8296833	9.9620525	30	73728	109131	148019	9.8676309	10.0379475
40	67773	92170	135997	9.8310580	9.9645881	20	73531	108496	147551	9.8664699	10.0354119
50	67987	92709	136363	9.8324246	9.9671225	10	73333	107864	147087	9.8653021	10.0328775
43.0	68200	93252	136733	9.8337833	9.9696559	47.0	73135	107237	146628	9.8641275	10.0303441
10	68412	93797	137105	9.8351341	9.9721882	50	72937	106613	146173	9.8629460	10.0278118
20	68624	94345	137481	9.8364771	9.9747195	40	72737	105994	145721	9.8617576	10.0252805
30	68835	94896	137860	9.8378122	9.9772500	30	72537	105378	145274	9.8605622	10.0227500
40	69046	95451	138242	9.8391396	9.9797797	20	72337	104766	144831	9.8593599	10.0202203
50	69256	96008	138628	9.8404593	9.9823087	10	72136	104158	144391	9.8581505	10.0176913
44.0	69466	96569	139016	9.8417713	9.9848372	46.0	71934	103553	143956	9.8569341	10.0151628
10	69675	97133	139409	9.8430757	9.9873651	50	71732	102952	143524	9.8557106	10.0126349
20	69883	97700	139804	9.8443725	9.9898926	40	71529	102355	143096	9.8544799	10.0101074
30	70091	98270	140203	9.8456618	9.9924197	30	71325	101761	142672	9.8532421	10.0075803
40	70298	98843	140606	9.8469436	9.9949466	20	71121	101170	142251	9.8519970	10.0050534
50	70505	99420	141012	9.8482180	9.9974734	10	70916	100583	141835	9.8507446	10.0025266
45.0	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000	45.0	70711	100000	141421	9.8494850	10.0000000

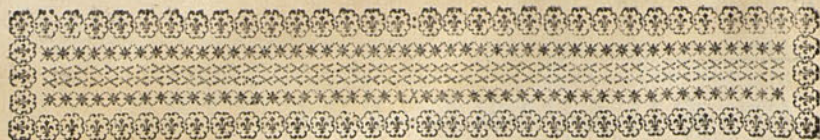


TABLE des Logarithmes des nombres absolus depuis 1. jusqu'à 500.

N.	LOGARITH.	N.	LOGARITH.	N.	LOGARITH.	N.	LOGARITH.	N.	LOGARITH.
1	0.0000000	51	1.7075702	101	2.0043214	151	2.1789769	201	2.3031961
2	0.3010300	52	1.7160033	102	2.0086002	152	2.1818436	202	2.3053514
3	0.4771212	53	1.7242759	103	2.0128372	153	2.1846914	203	2.3074960
4	0.6020600	54	1.7323938	104	2.0170333	154	2.1875207	204	2.3096302
5	0.6989700	55	1.7403627	105	2.0211893	155	2.1903317	205	2.3117539
6	0.7781512	56	1.7481880	106	2.0253059	156	2.1931246	206	2.3138672
7	0.8450980	57	1.7558748	107	2.0293838	157	2.1958996	207	2.3159703
8	0.9030900	58	1.7634280	108	2.0334238	158	2.1986571	208	2.3180633
9	0.9542425	59	1.7708520	109	2.0374265	159	2.2013971	209	2.3201463
10	1.0000000	60	1.7781512	110	2.0413927	160	2.2041200	210	2.3222193
11	1.0413927	61	1.7853298	111	2.0453230	161	2.2068259	211	2.3242824
12	1.0791812	62	1.7923917	112	2.0492180	162	2.2095150	212	2.3263359
13	1.1139433	63	1.7993405	113	2.0530784	163	2.2121876	213	2.3283796
14	1.1461280	64	1.8061800	114	2.0569048	164	2.2148438	214	2.3304118
15	1.1760913	65	1.8129133	115	2.0606978	165	2.2174839	215	2.3324385
16	1.2041200	66	1.8195439	116	2.0644580	166	2.2201081	216	2.3344537
17	1.2304489	67	1.8260748	117	2.0681859	167	2.2227165	217	2.3364597
18	1.2552725	68	1.8325189	118	2.0718820	168	2.2253093	218	2.3384565
19	1.2787536	69	1.8388491	119	2.0755470	169	2.2278867	219	2.3404441
20	1.3010300	70	1.8450980	120	2.0791812	170	2.2304489	220	2.3424227
21	1.3222193	71	1.8512583	121	2.0827854	171	2.2329961	221	2.3443923
22	1.3424227	72	1.8573325	122	2.0863598	172	2.2355284	222	2.3463530
23	1.3617278	73	1.8633229	123	2.0899051	173	2.2380461	223	2.3483049
24	1.3802112	74	1.8692317	124	2.0934217	174	2.2405492	224	2.3502480
25	1.3979400	75	1.8750613	125	2.0969100	175	2.2430380	225	2.3521825
26	1.4149733	76	1.8808136	126	2.1003705	176	2.2455127	226	2.3541084
27	1.4313638	77	1.8864907	127	2.1038037	177	2.2479733	227	2.3560259
28	1.4471580	78	1.8920946	128	2.1072100	178	2.2504200	228	2.3579348
29	1.4623980	79	1.8976271	129	2.1105897	179	2.2528530	229	2.3598355
30	1.4771212	80	1.9030900	130	2.1139433	180	2.2552725	230	2.3617278
31	1.4913617	81	1.9084850	131	2.1172713	181	2.2576786	231	2.3636120
32	1.5051500	82	1.9138138	132	2.1205739	182	2.2600714	232	2.3654880
33	1.5185139	83	1.9190781	133	2.1238516	183	2.2624511	233	2.3673559
34	1.5314789	84	1.9242793	134	2.1271048	184	2.2648178	234	2.3692159
35	1.5440680	85	1.9294189	135	2.1303338	185	2.2671717	235	2.3710679
36	1.5563025	86	1.9344984	136	2.1335389	186	2.2695129	236	2.3729120
37	1.5682017	87	1.9395192	137	2.1367206	187	2.2718416	237	2.3747483
38	1.5797836	88	1.9444827	138	2.1398791	188	2.2741578	238	2.3765770
39	1.5910646	89	1.9493900	139	2.1430148	189	2.2764618	239	2.3783979
40	1.6020600	90	1.9542425	140	2.1461280	190	2.2787536	240	2.3802112
41	1.6127839	91	1.9590414	141	2.1492191	191	2.2810334	241	2.3820170
42	1.6232493	92	1.9637878	142	2.1522883	192	2.2833012	242	2.3838154
43	1.6334685	93	1.9684829	143	2.1553360	193	2.2855573	243	2.3856063
44	1.6434527	94	1.9731278	144	2.1583625	194	2.2878017	244	2.3873898
45	1.6532125	95	1.9777236	145	2.1613680	195	2.2900346	245	2.3891661
46	1.6627578	96	1.9822712	146	2.1643528	196	2.2922561	246	2.3909351
47	1.6720979	97	1.9867717	147	2.1673173	197	2.2944662	247	2.3926969
48	1.6812412	98	1.9912761	148	2.1702617	198	2.2966652	248	2.3944517
49	1.6901961	99	1.9956352	149	2.1731863	199	2.2988531	249	2.3961993
50	1.6989700	100	2.0000000	150	2.1760913	200	2.3010300	250	2.3979400

TABLE des Logarithmes des nombres naturels jusqu'à 500.

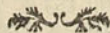
N.	LOGARITH.	N.	LOGARITH.	N.	LOGARITH.	N.	LOGARITH.	N.	LOGARITH.
251	2.3996737	301	2.4785665	351	2.5453071	401	2.6031444	451	2.6541765
252	2.4014005	302	2.4800069	352	2.5465427	402	2.6042260	452	2.6551384
253	2.4031205	303	2.4814426	353	2.5477747	403	2.6053050	453	2.6560982
254	2.4048337	304	2.4828736	354	2.5490033	404	2.6063814	454	2.6570558
255	2.4065402	305	2.4842998	355	2.5502283	405	2.6074550	455	2.6580114
256	2.4082400	306	2.4857214	356	2.5514500	406	2.6085260	456	2.6589648
257	2.4099331	307	2.4871384	357	2.5526682	407	2.6095944	457	2.6599162
258	2.4116197	308	2.4885507	358	2.5538830	408	2.6106602	458	2.6608655
259	2.4132998	309	2.4899585	359	2.5550944	409	2.6117233	459	2.6618127
260	2.4149733	310	2.4913617	360	2.5563025	410	2.6127839	460	2.6627578
261	2.4166405	311	2.4927604	361	2.5575072	411	2.6138418	461	2.6637009
262	2.4183013	312	2.4941546	362	2.5587086	412	2.6148972	462	2.6646420
263	2.4199557	313	2.4955443	363	2.5599066	413	2.6159500	463	2.6655810
264	2.4216039	314	2.4969296	364	2.5611014	414	2.6170003	464	2.6665180
265	2.4232459	315	2.4983105	365	2.5622929	415	2.6180481	465	2.6674529
266	2.4248816	316	2.4996871	366	2.5634811	416	2.6190933	466	2.6683859
267	2.4265113	317	2.5010593	367	2.5646661	417	2.6201360	467	2.6693169
268	2.4281348	318	2.5024271	368	2.5658478	418	2.6211763	468	2.6702458
269	2.4297523	319	2.5037907	369	2.5670264	419	2.6222140	469	2.6711728
270	2.4313638	320	2.5051500	370	2.5682017	420	2.6232493	470	2.6720979
271	2.4329693	321	2.5065050	371	2.5693739	421	2.6242821	471	2.6730209
272	2.4345689	322	2.5078559	372	2.5705429	422	2.6253124	472	2.6739420
273	2.4361626	323	2.5092025	373	2.5717088	423	2.6263404	473	2.6748611
274	2.4377506	324	2.5105450	374	2.5728716	424	2.6273659	474	2.6757783
275	2.4393327	325	2.5118834	375	2.5740313	425	2.6283889	475	2.6766936
276	2.4409091	326	2.5132176	376	2.5751878	426	2.6294096	476	2.6776069
277	2.4424798	327	2.5145477	377	2.5763413	427	2.6304279	477	2.6785184
278	2.4440448	328	2.5158738	378	2.5774918	428	2.6314438	478	2.6794279
279	2.4456042	329	2.5171959	379	2.5786392	429	2.6324573	479	2.6803355
280	2.4471580	330	2.5185139	380	2.5797836	430	2.6334685	480	2.6812412
281	2.4487063	331	2.5198280	381	2.5809250	431	2.6344773	481	2.6821451
282	2.4502491	332	2.5211381	382	2.5820634	432	2.6354837	482	2.6830470
283	2.4517864	333	2.5224442	383	2.5831988	433	2.6364879	483	2.6839471
284	2.4533183	334	2.5237465	384	2.5843312	434	2.6374897	484	2.6848454
285	2.4548449	335	2.5250448	385	2.5854607	435	2.6384893	485	2.6857417
286	2.4563660	336	2.5263393	386	2.5865873	436	2.6394865	486	2.6866363
287	2.4578819	337	2.5276299	387	2.5877110	437	2.6404814	487	2.6875290
288	2.4593925	338	2.5289167	388	2.5888317	438	2.6414741	488	2.6884198
289	2.4608978	339	2.5301997	389	2.5899496	439	2.6424645	489	2.6893089
290	2.4623980	340	2.5314789	390	2.5910646	440	2.6434527	490	2.6901961
291	2.4638930	341	2.5327544	391	2.5921768	441	2.6444386	491	2.6910815
292	2.4653828	342	2.5340261	392	2.5932861	442	2.6454223	492	2.6919651
293	2.4668676	343	2.5352941	393	2.5943925	443	2.6464037	493	2.6928469
294	2.4683473	344	2.5365584	394	2.5954962	444	2.6473830	494	2.6937269
295	2.4698220	345	2.5378191	395	2.5965971	445	2.6483600	495	2.6946052
296	2.4712917	346	2.5390761	396	2.5976952	446	2.6493349	496	2.6954817
297	2.4727564	347	2.5403295	397	2.5987905	447	2.6503075	497	2.6963564
298	2.4742163	348	2.5415792	398	2.5998831	448	2.6512780	498	2.6972293
299	2.4756712	349	2.5428254	399	2.6009729	449	2.6522463	499	2.6981005
300	2.4771212	350	2.5440680	400	2.6020600	450	2.6532125	500	2.6989700



LIVRE SECOND,

Dans lequel on donne une idée générale du Pilotage , en traitant de la figure & de la grandeur de la Terre , de la construction & de l'usage de la Bouffole , des Cartes Marines , &c.

I. **N**OUS nous proposons de donner dans ce second Livre une idée générale du Pilotage , & nous insisterons principalement pour cela sur la construction des Cartes Marines ou *Hydrographiques* , & sur tout ce qui a rapport à leur usage. L'art de naviguer ne consiste presque en rien autre chose de la part du Pilote. On est obligé en Mer, d'observer les Astres ; on suppute, on fait différentes opérations ; mais presque toutes se réduisent à déterminer le point où l'on est , & à le marquer sur la Carte qu'il faut consulter presque sans cesse. Les Plans que nous avons montré à lever dans le Livre précédent , ne représentent qu'un Port , ou un très-petit espace de mer ou de terrain ; au lieu que les Cartes, proprement dites, ont plus d'étendue , elles représentent une partie considérable de Côte & de Mers. Un avantage qui les distingue encore beaucoup plus, c'est qu'elles assignent à chaque lieu sa place , non-seulement par rapport à la surface entière de la Terre, mais aussi par rapport au Ciel ; ce qui nous donne la facilité de diriger notre navigation par l'observation des Astres.



CHAPIRE PREMIER.

Des principaux points de la Terre, de sa figure & de sa grandeur.

I.

2. **P**LUSIEURS Observations très-faciles à faire nous apprennent que la Terre avec la masse des eaux qui l'environnent, forment un globe ou un corps parfaitement rond. Lorsque nous sommes sur le bord de la Mer en quelque pays que ce soit, notre vûe est toujours bornée par un cercle qui paroît faire la séparation de la Mer & du Ciel, & que nous nommons *Horizon*. Il est vrai que si la Terre étoit plate, notre vûe seroit également terminée par un cercle dont nous occuperions le centre : mais la grandeur de ce cercle dépendroit alors de la bonté de nos yeux ; si notre vûe étoit plus longue, elle le porteroit plus loin : au lieu que le cercle que nous voyons autour de nous, ne dépend que de la rondeur de la Terre : lorsqu'un Vaisseau vient de la Mer ou *du Large*, nous ne découvrons d'abord que le haut de ses mâts, & nous nous servirions inutilement des meilleures lunettes pour découvrir le corps même du Navire. Il n'y a pour nous qu'un moyen de le voir, c'est de monter sur une haute tour ou sur quelque endroit très-élevé. Nous pouvons ensuite découvrir tout le Vaisseau ; parce qu'il cesse d'être caché par l'élévation que forme entre lui & nous la rondeur de la Mer.

3. Ce que nous venons de dire de l'étendue de l'Horizon ou de ce cercle qui borne notre vûe, & qui paroît séparer la partie du Ciel que nous voyons, de celle que nous ne voyons pas, a lieu dans toutes les régions. Ainsi la Terre est ronde dans toutes ses parties ; & ce qui le con-

firme bien sensiblement, c'est ce que nous observons dans les Eclipses de Lune. Nous voyons pendant ces Phénomènes, comme nous le dirons plus particulièrement dans la suite, l'ombre de la Terre tomber sur la Lune; & cette ombre nous paroît exactement ronde, malgré les différentes positions du Soleil, par rapport à nous, & les différens endroits de la Terre où nous pouvons nous trouver. Or il n'y a qu'un globe ou un corps rond dans tous les sens, dont l'ombre puisse être ronde ou exactement circulaire, malgré ses différentes situations par rapport au corps lumineux. Les montagnes qu'on voit en différens pays ne forment pas d'exception contre l'exakte rondéur de la Terre; car quelque grosses qu'elles soient, leur masse n'est presque rien, lorsqu'on la compare à celle du globe entier. Ce sont comme quelques grains de sable qu'on mettroit à quelque distance les uns des autres sur une grosse boule de 9 ou 10 pieds de diamètre.

4. La figure ronde de la Terre est produite par l'effort à peu près égal que font toutes ses parties par leur pesanté pour s'approcher du point le plus bas qui est le centre. Cette tendance de toutes ses parties vers le bas, a du rapport à l'union dont sont capables les parties d'une goutte d'eau, ou de vif-argent, qui, en s'approchant les unes des autres, forment un tout qui est rond. Chaque partie de liqueur, en faisant effort pour s'approcher de toutes celles qui lui sont voisines, pèsent, pour ainsi dire, vers le centre de la goutte; & elles se contre-balancent réciproquement. La même chose arrive aux eaux de l'Océan, & elles se trouvent sensiblement de niveau avec les Terres ou les Continens qui les environnent. Nous pouvons faire le tour de notre Globe, comme l'ont déjà fait plusieurs Voyageurs; parce que notre pesanté qui est toujours agissante, nous attache à la Terre, & nous presse continuellement contre sa surface, à peu près de la même manière que des morceaux de fer s'attachent à un aimant. Nous nommons *Antipodes*, les Peuples qui sont éloignés de nous de 180

degrez , ou de la demie-circonférence de la Terre. Nous avons les pieds à l'opposite les uns des autres ; ils sont nos Antipodes , & nous sommes les leurs : ils ont le jour pendant que nous avons la nuit. Mais nous ne pouvons pas dire qu'ils sont en bas , & que nous sommes en haut : car nous sommes tous également éloignés du centre , qui est le point réellement le plus bas ; & il n'y a ni haut ni bas , à parler absolument , sur la surface de la Terre.

I I.

Des Poles de la Terre , de l'Equateur terrestre , des Méridiens , &c.

(Voyez la Figure 37.)

5. La Terre étant ronde , & formant un globe ou une sphère , car ces deux mots signifient la même chose , nous rapportons à la Terre divers points du Ciel. C'est ce qu'on peut faire naturellement , puisque chaque point du Globe terrestre répond exactement sous un endroit déterminé de la surface des Cieux. On nomme *Poles* du Monde les deux points sur lesquels le Ciel paroît tourner d'Orient en Occident , ou du Levant au Couchant en 24 heures ; & nous donnons le nom de Poles de la Terre ou de Poles terrestres , aux deux points de la Terre , qui sont immédiatement au-dessous , & qui sont à l'opposite l'un de l'autre. Il suffit de considérer le Ciel pendant une belle nuit pour s'appercevoir que toutes les étoiles tournent d'Orient en Occident , de même que le Soleil & la Lune. Le mouvement paroît se faire comme si c'étoient les Cieux qui entraînaient les Astres , en tournant à la manière d'un Globe qui fait ses révolutions sur deux pivots opposés. Certaines étoiles décrivent de si petits cercles , qu'elles ne changent presque pas de place , parce qu'elles sont très-voisines des Poles. C'est ce qui arrive en particulier à une étoile que nous nommons *Polaire* , ou *Etoile du Nord*. On la dé-

couvre d'Europe ; & elle paroît pendant toute la nuit comme fixée dans le même endroit. Si le froid & les glaces permettoient d'aller jusqu'au Pole de la Terre le plus voisin de nous, on auroit cette Etoile exactement sur la tête.

Figure 37.

6. On distingue les deux Poles terrestres l'un de l'autre, en nommant celui qui répond sous l'Etoile du Nord, le Pole du Nord, *Arctique*, *Septentrional* ou *Boréal*, & l'autre qui en est éloigné de 180 degrez de la Terre, ou de la moitié de la circonférence, le Pole du Sud, *Antarctique*, *Méridional* ou *Austral*. Ils reçoivent ces différens noms des deux Poles du Ciel sous lesquels ils répondent, ou des vents qui soufflent des points correspondans de l'Horison.

7. En même tems que les Etoiles qui sont très-voisines des deux Poles du Ciel, ne changent presque point de place, les Etoiles au contraire qui sont vers le milieu ou à la même distance d'un Pole que de l'autre, décrivent de très-grands cercles. L'endroit du plus grand mouvement se nomme l'*Equateur*, & on donne le même nom au cercle de la Terre qui répond au-dessous, & qui sépare le Globe terrestre en deux parties parfaitement égales, celle du Nord & celle du Sud. On connoît les endroits de la Terre par lesquels passe l'Equateur terrestre. Il passe par l'embouchure de la rivière des Amazones en Amérique, par l'Isle de Saint Thomas proche la côte d'Afrique, par les Isles de Bornéo & de Sumatra dans la Mer des Indes, par les Isles Gualapes dans la Mer Pacifique, &c. Tous ces lieux sont autant éloignés d'un Pole de la Terre que de l'autre ; & lorsqu'on s'y trouve on voit passer sur sa tête les Etoiles qui paroissent tourner avec le plus de rapidité, comme sont à peu près celles que le vulgaire nomme les *Trois Rois*.

8. On donne en général le nom de *Paralleles*, à tous les cercles que les Etoiles paroissent décrire en tournant autour des Poles ; parce que ces cercles sont réellement paralleles entr'eux, de même qu'à l'Equateur. On conçoit aussi sur la Terre une infinité de cercles qui ont leur centre comme à l'un & l'autre Pole, & qui sont paralleles à

Figure 37.

l'Equateur, & on les nomme des Paralleles. Nous en avons marqué quelques-uns dans la Fig. 37, qui représente le Globe terrestre. Les points opposés *N* & *S* sont les deux Pôles qui sont éloignés l'un de l'autre de 180 degrez, ou de la moitié de la circonférence de la Terre. Le cercle *E A Q* est l'Equateur qui est éloigné des Pôles de 90 degrez, & qui coupe la Terre par la moitié, ou qui la partage en deux demi-Globes ou *Hémisphères*. Les paralleles à l'Equateur sont indiqués par *G H*, *B C*, &c. On doit remarquer que nous les représentons ici par des lignes droites, de même que l'Equateur, à cause de la difficulté qu'il y a de représenter une boule sur quelque chose de plat.

9. On voit dans la même Figure les lignes *Nord* & *Sud* *N E S*, *N T S*, *N A S*, &c. qui sont des cercles, ou plutôt des demi-cercles qui s'étendent d'un Pole à l'autre, & qui coupent l'Equateur perpendiculairement. On les nomme *Méridiens*, parce qu'ils indiquent tous les lieux de la Terre, qui étant au Nord ou au Sud les uns des autres, ont Midy dans le même instant. Le Soleil, en tournant d'Orient en Occident, donne successivement le Midy à tous les lieux de la Terre. Lorsqu'il est parvenu au milieu de sa course par rapport au point *A*, par exemple, & qu'il y donne Midy, il se trouve aussi vis-à-vis de tous les autres points *L*, *M*, &c. placés exactement au Nord ou au Sud sur le même Méridien. Mais le cas est tout différent, si les lieux sont situés plus vers le Levant ou vers le Couchant les uns que les autres: ils auront différens Méridiens; & il est évident qu'il y sera aussi Midy plutôt ou plus tard, selon que le Soleil aura plus ou moins de chemin à faire dans le Ciel pour parvenir des uns aux autres. La différence sera de 12 heures si les lieux sont Antipodes l'un de l'autre; l'un aura midy, lorsque l'autre aura minuit. Le quart de la circonférence de la Terre doit causer 6 heures de différence, & 15 degrez doivent donner une heure, puisqu'ils forment la 24^e partie du tour de la Terre que le Soleil parcourt en 24 heures.

Des

Des cinq Zones.

Fig. 37.

10. « Le Soleil ne sort jamais d'un certain espace du « Ciel, il fréquente les environs de l'Equateur. Bien loin « qu'on l'ait vû avancer jusques vers les Etoiles qui sont « voisines des Poles, il ne s'éloigne jamais du milieu du « Ciel de plus de $23^{\circ} 28'$ minutes & demie du côté du « Nord ou du côté du Sud. On donne le nom de *Tropiques* « aux deux Paralleles qui servent de limites à cet écart, & « au-delà desquels le Soleil ne passe jamais. On imagine « aussi sur la Terre deux Paralleles *BC* & *DF* qui sont éloi- « gnés de l'Equateur terrestre de $23^{\circ} 28\frac{1}{2}'$ m; & ces Paralle- « les qu'on nomme *Tropiques terrestres*, renferment entr'eux « la partie de la surface de la Terre au-dessus de laquelle le « Soleil se trouve toujours. La chaleur doit être à peu près « constante dans cet espace, à cause de la position conti- « nuelle de l'Astre au-dessus; & c'est pour cette raison « qu'on le nomme la *Zone torride* ou *brûlée*. Cette Zone « que quelques Anciens avoient regardée mal - à - propos « comme inhabitable, forme une espèce de bande ou de « ceinture autour de la Terre; elle a de largeur la distance « *BD* ou *CF* d'un Tropique à l'autre, ou le double de $23^{\circ} 28\frac{1}{2}'$ m. c'est-à-dire $46^{\circ} 57'$ m. »

11. Vers les Poles, c'est tout le contraire; les rayons « du Soleil n'y frappent que très-obliquement, ou ne font « presque que razer la terre, & le froid doit y être excessif. « Les Poles de la Terre sont aussi un peu plus éloignés du « Soleil que ne le sont les endroits de la Zone torride, au- « dessus desquels cet Astre se trouve continuellement. « Mais cette plus grande distance ne doit produire aucun « effet sensible; car, malgré la grosseur qu'a le Globe ter- « restre à notre égard, on peut le comparer à un grain de « sable qui seroit éclairé par un flambeau situé à 40 ou 50 « pieds de distance. Toutes les parties du grain de sable se- « roient sensiblement à la même distance du flambeau; »

Figure 37.

» mais elles seroient exposées différemment à sa lumière ;
 » & c'est aussi à cette seule diversité d'exposition qu'il faut
 » attribuer le plus ou le moins de chaleur que nous rece-
 » vons ordinairement du Soleil. Tous les environs des Po-
 » les sont situés d'une manière peu avantageuse pour être
 » échauffés par cet Astre. C'est pourquoi on donne le nom
 » de *Zones froides* ou *glaciales* aux deux espaces qui ont
 » l'un & l'autre Pole pour centre, & qui sont renfermés
 » dans les Paralleles qui sont éloignés du Pole de 23 deg.
 » 28 $\frac{1}{2}$ min. *GH* est un de ces Paralleles qu'on nomme *Cercle*
 » *polaire, arctique* ou *septentrional* ; & c'est dans son inté-
 » rieur qu'est la Zone glaciale septentrionale. Vers l'autre
 » extrémité de la Terre, il y a une autre Zone glaciale qui est
 » située autour du Pole méridional ou antarctique : elle est
 » de même grandeur que celle du Nord, & elle est renfer-
 » mée au dedans du Parallele *IK*, ou du *Cercle polaire antar-*
 » *ctique*. Nous pouvons avancer assez considérablement
 » dans les Zones froides, mais le milieu nous en est absolu-
 » ment interdit jusqu'à une distance de plus de 150 ou 160
 » lieues, à cause du trop grand froid : ce sont les seuls en-
 » droits de la Terre où les Voyageurs ne puissent pas aller.
 I 2. » Enfin les espaces compris entre chaque Tropicque
 » & le cercle polaire voisin, ou entre la Zone torride, &
 » l'une ou l'autre des Zones glaciales forment les deux *Zo-*
 » *nes tempérées*. Il y en a deux, parce que les deux moitiés
 » de la Terre de part & d'autre de l'Equateur, ou pour nous
 » expliquer autrement, les deux moitiés de la sphère ou
 » les deux hémisphères septentrional & méridional jouis-
 » sent de la même exposition à l'égard du Soleil. La pre-
 » mière de ces Zones qui est du côté du Nord, & dans la-
 » quelle la France est située, de même que la plus grande
 » partie de l'Europe, s'étend depuis *BC* jusqu'à *GH*, & la
 » seconde qui est du côté du Sud, s'étend depuis *DF* jus-
 » qu'à *IK*. Il est facile de trouver les largeurs qu'ont ces
 » deux Zones tempérées. Il suffit d'ôter deux fois 23 deg.
 » 28 $\frac{1}{2}$ min. des 90 degrez qu'il y a depuis l'Equateur jusqu'à

chaque Pole : il restera $43^{\text{d}}. 3^{\text{m}}$. pour la largeur de chaque cune. Figure 37.

III.

De la Latitude & de la Longitude ; & des changemens qu'elles reçoivent , lorsqu'on passe d'un lieu à un autre.

(Voyez les Figures 37 & 38.)

13. Il est facile de concevoir qu'un Observateur ne peut pas faire un pas sur la surface de la Terre , sans qu'il apperçoive quelque différence dans l'apparence du Ciel. C'est ce qui vient de la rondeur de la Terre , & de ce que chacun de ses points jouit , pour ainsi dire , d'un Ciel différent. On nomme *Latitude* d'un lieu, sa distance à l'Equateur terrestre , ou la quantité dont il est avancé dans la partie du Nord , ou dans la partie du Sud. Cette distance se mesure sur la surface du Globe par le plus court chemin , & par conséquent sur le Méridien qui passe par le lieu , & qui est toujours perpendiculaire à l'Equateur. Si le lieu est sur l'Equateur , il n'a point de latitude ; & si au contraire on pouvoit aller jusqu'au Pole , on en auroit 90 degrez & la plus grande de toutes les latitudes. Tous les lieux qui sont sur un même Parallele , ont exactement la même , parce qu'ils sont également éloignés de l'Equateur. On distingue les Latitudes en Septentrionale & en Méridionale, ou en Nord & Sud , selon que le lieu dont il s'agit , est dans la partie du Nord ou dans la partie du Sud , dans un Hémisphère ou dans l'autre.

14. Nous avons des moyens pour déterminer notre changement de Latitude en Mer , qui sont d'une application tout-à-fait simple. Nous nommons *Zénith* le point le plus haut du Ciel , ou le point qui répond exactement sur notre tête , & *Nadir* le point qui est à l'opposite sous nos pieds. Mais pour peu que nous marchions , ces deux points

Fig. 37 & 38.

changent de place de même que notre Horison. Si nous avançons vers le Nord, notre Horison s'abaisse du même côté, & s'élève de l'autre. Le point le plus haut du Ciel ou notre Zénith, avance en même tems vers les Etoiles qui sont voisines du Pole arctique, & s'éloigne du Soleil & des Etoiles qui sont proche de l'Equateur. Si nous faisons tout le tour de la Terre ou ses 360 degrez, notre Zénith parcourroit aussi toute la circonférence du Ciel ou ses 360 degrez. Ainsi nous pouvons juger en Mer de notre progrès vers l'Equateur ou vers le Pole, ou de notre changement en latitude, par le changement de situations que reçoivent les Astres à l'égard de notre Zénith. Il nous suffit, pour remarquer ce changement, de faire des opérations semblables à celles que nous avons décrites dans le Livre premier N° 94 & suiv. ou de nous servir d'instrumens équivalens à celui que nous avons représenté dans la Fig. 3, mais qui soient moins imparfaits.

I 5. Nous venons de dire que le Ciel change d'apparence pour nous, aussi-tôt que nous changeons de place. Dans la Figure 38 le grand cercle $HZOQ$ représente le Ciel; & le petit qui est au-dedans, tient lieu de la Terre. Les deux Poles du Monde ou du Ciel sont marqués par les points N & S , qui sont à l'opposite l'un de l'autre. La ligne EQ représente l'Equateur du Ciel, & BC est l'Equateur de la Terre. La distance AB est donc la latitude de l'Observateur A , & elle est égale en degrez à la distance du Zénith Z à l'Equateur du Ciel: il y a exactement le même nombre de degrez de la Terre depuis A jusqu'en B , que de degrez du Ciel depuis Z jusqu'en E . La latitude est encore égale à la quantité dont le Pole N est élevé au-dessus de l'Horison. Si l'Observateur A avance vers l'Equateur de la Terre, son Zénith avancera du même nombre de degrez vers l'Equateur du Ciel, & s'y rendra exactement, supposé que l'Observateur continue sa route jusqu'à l'Equateur. L'Horison HO changera de place en même tems, & prendra la situation SN . Cet Horison situé en NS ne sera pas

Horison pour nous, mais il le fera pour l'Observateur arrivé en *B* : il séparera exactement pour lui la partie supérieure du Ciel, de la partie inférieure.

16. Il suit de-là que nous avons deux méthodes de déterminer la latitude d'un lieu, parce que nous pouvons observer dans le Ciel deux quantités qui y sont exactement égales en nombre de degrez. Nous pouvons chercher la distance de notre Zénith à l'Equateur céleste, ou bien la quantité dont le Pole est élevé au-dessus de l'Horison. Nous ne réussirons pas à trouver ces quantités immédiatement : mais, comme nous le montrerons dans le Livre suivant, nous trouverons la distance du Zénith à quelque Astre dont nous connoissons toujours la situation par rapport à l'Equateur ou au Pole. Lorsque je cherchois à Sainte Marthe dans l'Amérique, le 30 Octobre 1743, la quantité dont le Soleil étoit éloigné de mon Zénith, ou du point le plus haut du Ciel, cet Astre étoit de l'autre côté de l'Equateur de $13^{\text{d}}.50^{\text{m}}$. Ainsi la distance que je trouvai, étoit trop grande ; & je dus retrancher $13^{\text{d}}.50^{\text{m}}$. des $25^{\text{d}}.14^{\text{m}}$. que me donna l'observation ; ce qui apprend que la latitude de Sainte Marthe est de $11^{\text{d}}.24^{\text{m}}$. ou que ce Port est éloigné de l'Equateur terrestre de cette quantité du côté du Nord.

17. Notre latitude étant connue, c'en est souvent assez pour que nous puissions reconnoître sur la Carte, lorsque nous sommes en Mer, les côtes vis-à-vis desquelles nous nous trouvons. On voit aux deux côtés des Cartes Marines des Echelles qui sont dirigées Nord & Sud, & qui sont destinées à marquer les latitudes. Ces Echelles ne commencent pas toujours à l'Equateur, parce que la Carte n'est pas assez grande ; l'Equateur est en dehors, mais les degrez de latitude sont toujours censés y commencer. Si on jette les yeux sur notre seconde Carte, ou sur celle qui représente une partie des côtes de France & d'Espagne, on verra 43^{d} . marqués au bas de l'Echelle, parce que l'Equateur est 43^{d} . en dehors de la Carte ou de la partie de la surface de la

Fig. 37. & 38. Terre dont cette Carte est un tableau. Les degrez qui sont divisés de 10 minutes en 10 minutes dans cette Carte, puisqu'ils sont partagés en 6 parties égales, sont marqués dans un certain sens, & en allant vers le Nord; parce que les latitudes ou les distances à l'Equateur deviennent plus grandes dans l'Hémisphère septentrional, à mesure qu'on avance vers le Nord. Mais pour revenir à ce que nous disions, que la latitude suffit souvent seule pour nous faire connoître quelle est la côte où nous abordons, il est évident que si l'observation des Astres nous apprend, au retour d'un voyage, que nous sommes par $47^{\text{d.}} 10^{\text{m.}}$ de latitude, & que nous voyons une Isle devant nous à l'Orient, nous ne pouvons pas nous y tromper. La Carte nous fait connoître que nous ne sommes pas auprès des côtes d'Espagne, ni même auprès de celles de Poitou; car elles sont plus voisines de l'Equateur. Nous ne sommes pas à portée non plus de voir Oüessant ni les environs de Brest; la Terre que nous voyons est nécessairement Belle-isle.

De la Longitude des Lieux sur le Globe Terrestre.

18. Pendant que l'observation de la Latitude nous fait connoître la quantité dont nous sommes avancés vers le Nord ou vers le Sud par rapport à l'Equateur, la *Longitude* détermine notre situation plus ou moins avancée vers l'Orient ou vers l'Occident. Chaque Nation a ordinairement choisi un Méridien qu'elle regarde comme le premier; elle y rapporte tous les autres; & on nomme *Longitude*, la distance où l'on est de ce Méridien, en mesurant cette distance sur l'Equateur, ou sur la circonférence de quelque Parallele. Nous nous conformons à une Ordonnance de Louis XIII, & nous faisons passer notre premier Méridien par l'Isle-de-fer qui est la plus occidentale des Canaries. Nous l'avons marqué par *NAS* dans la Figure 37, & nous avons observé la même loi dans nos Cartes. On s'en écarte néan-

moins assez souvent aujourd'hui : on trouve beaucoup de Cartes Françaises où le premier Méridien passe par l'Observatoire Royal de Paris. Les Hollandois font passer leur premier Méridien par le Pic de Ténériffe, une des plus hautes montagnes du monde. Cela est absolument indifférent, pourvu que cette multitude de premiers Méridiens ne fassent tomber les Pilotes dans aucune équivoque.

19. L'usage varie encore sur la manière de compter la Longitude. Il faut toujours la compter d'Occident vers l'Orient, depuis 0 degré jusqu'à 360 degrez, selon la disposition de Louis XIII. Ainsi, supposé qu'on soit un degré de l'autre côté du premier Méridien ou à l'Occident, on ne fera pas par un degré de longitude, mais par 359 degrez ; parce qu'on commence la longitude au premier Méridien, qui n'est qu'un demi-cercle, & qu'on la compte en allant toujours vers l'Orient, sans aucun égard au sens dans lequel s'est fait la route. Cette manière de compter est la plus généralement suivie en France.

20. Cependant plusieurs Hydrographes François, ou Auteurs de Cartes, distinguent deux sortes de Longitudes, l'une Orientale & l'autre Occidentale, & ils les comptent de l'un & de l'autre côté du premier Méridien jusqu'à 180 degrez : on sent assez que le tout revient au même, pourvu qu'on s'explique. C'est comme si l'on comptoit les heures de la journée autrement que nous ne le faisons ; mais qu'on eût soin de nous en avertir : 1 deg. de longitude occidentale est la même chose que 359 degrez selon l'autre manière de compter : 15 degrez de longitude occidentale reviennent à 345 degrez ; ils indiquent également le Méridien *NTXS* sur la Figure 37, & ils supposent également une heure de différence dans les Midys.

21. On doit bien remarquer que lorsqu'on court exactement au Nord ou au Sud, ou que lorsqu'on suit le même Méridien, on conserve toujours précisément la même longitude. La distance au premier Méridien se mesure sur l'Equateur ou sur les Paralleles, & les degrez des Paralleles sont

Figure 37.

Figure 37.

plus petits dans le même rapport que les intervalles entre les mêmes Méridiens sont moindres, à mesure qu'on les considère dans des endroits plus voisins du Pole. Il y a autant de degrez depuis *M* jusqu'en *R*, que depuis *L* jusqu'en *Q*, ou depuis *A* jusqu'au point marqué par le nombre 15 sur l'Equateur. Ainsi tous les lieux qui sont sur le Méridien ou sur la même ligne Nord & Sud *NQPS*, ont exactement 15 degrez de longitude. Tous les points du Méridien *NVS* en ont 75 &c.

22. Il suit de-là que, lorsqu'on est fort avancé vers l'un ou l'autre Pole, il suffit de faire très-peu de chemin pour changer considérablement de Méridiens ou de longitude, & pour qu'on ait une très-grande différence dans l'heure de midy. Quelque grosseur qu'ait la Terre, il doit y avoir des endroits où, en faisant seulement une lieue vers l'Orient ou vers l'Occident, on change de 15 degrez de longitude; ce qui donne midy une heure entière plutôt ou plus tard. Pour qu'une lieue vale 15 degrez, il faut que toute la circonférence du Parallele ne soit que de 24 lieues; le diamètre ne doit pas être tout-à-fait de 8 lieues, & il faut que la distance au Pole soit un peu moindre que 4.

23. « Il n'est pas aussi facile lorsqu'on navigue en pleine » Mer, de déterminer la quantité dont on a avancé vers » l'Orient ou vers l'Occident, ou le changement en longitude, que de découvrir le progrès vers le Nord ou vers » le Sud, ou le changement en latitude. On a des méthodes sûres qu'on peut employer sur un Vaisseau pour déterminer exactement l'instant de midy, & assigner toutes » les autres heures; mais il faudroit sçavoir en même tems » l'heure qu'il est dans le lieu dont on est parti, & on l'ignore. L'agitation de la Mer empêche qu'on puisse avoir » dans le Vaisseau aucune Horloge exacte, qui, réglée une fois, conserve, comme en dépôt, l'heure qu'il est dans le » lieu dont on s'éloigne. Supposons que nous partions du » point *X* (Fig. 37.) & qu'ayant fait 30 degrez vers l'Orient, » nous arrivions en *P*, après plusieurs semaines de navigation; »

tion ; il est certain que si , observant l'heure qu'il est dans « le point *P* , nous trouvons qu'il est cinq heures du soir , « il ne fera que 3 heures dans le point *X* , parce que le So- « leil sera moins avancé de deux heures par rapport à ce se- « cond point que par rapport à l'autre. Mais pour qu'on « sçût qu'il y a effectivement deux heures de différence en- « tre les deux Méridiens *NXS* & *NPS* , il faudroit avoir « une Horloge assez bonne pour qu'elle ne se fût pas dé- « rangée pendant toute la route *XP* ; & c'est à quoi l'art de « l'Horlogerie , quelque parfait qu'il soit , n'est pas encore « parvenu. Il ne faut pas se flatter d'un meilleur succès si la « route est très-courte , parce que si le dérangement qu'on « doit craindre de la part des Horloges , est très-petit pen- « dant deux ou trois jours , la différence des Méridiens sera « aussi alors très-petite , & l'erreur sera toujours la même à « proportion. Elle sera même peut-être assez grande , pour « tromper non-seulement sur la quantité du chemin , mais « aussi sur le sens dans lequel on l'aura faite.

24. Si les Eclipses de Lune étoient plus fréquentes , ou « si on pouvoit se servir sur les Navires d'assez longues lu- « nettes pour observer les Eclipses que souffrent aussi qua- « tre petites Lunes qui tournent continuellement autour « d'une Planete nommée Jupiter , nous déterminerions fort « aisément la longitude en Mer. La Lune n'a pas de lu- « mière propre , & elle perd celle qu'elle nous paroît avoir , « lorsqu'elle cesse d'être éclairée par le Soleil , parce que la « Terre se trouve entre deux. Cette perte de lumière doit « arriver dans le même instant pour tous ceux qui voyoient « la Lune : mais les Observateurs qui n'étoient pas sur le « même Méridien , ou sur la même ligne Nord & Sud , ne « comptent pas la même heure dans ce même instant ; & « la différence des heures doit indiquer la différence des « Méridiens. On observera l'Eclipse dans un endroit à 1^{h.} « du matin , & dans un autre lieu situé plus à l'Orient , à « 2^{h.} 3^{h.} &c. parce que toutes les heures y seront plus avan- « cées. Ainsi les Eclipses de Lune servent comme de si-

Figure. 37.

» gnaux, & elles présentent des occasions favorables pour
 » comparer les heures qu'il est dans différens pays. Heu-
 » reusement nous pouvons prédire l'instant précis de ces
 » Phénomènes pour un lieu déterminé. Nous sçavons, par
 » exemple, qu'il doit arriver une Eclipsé totale de Lune
 » le 7 Avril 1754, qui commencera, lorsqu'il sera à Brest
 » $6^h. 2^m.$ du matin. Supposé donc qu'un Navire allant à
 » l'Amérique, on observât en pleine Mer cette même
 » Eclipsé, & qu'elle commençât à $4^h. 2^m.$, ce seroit une
 » marque qu'on auroit changé de Méridiens de $2^h.$ ou de
 » 30° deg. Brest est par $13^{\circ}. 3\frac{1}{2}'$, de longitude par rapport
 » à l'Isle-de-fer : ainsi le Navire dont il s'agit, auroit passé
 » le premier Méridien de $16^{\circ}. 56\frac{1}{2}'$. en singlant vers l'Oc-
 » cident, & il seroit arrivé par $343^{\circ}. 3\frac{1}{2}'$. de longitude, se-
 » lon la manière la plus ordinaire de compter.

25. » Les Eclipses du Soleil ne donnent pas aussi aisé-
 » ment la différence des longitudes. Elles arrivent lorsque
 » la Lune passe devant le Soleil, & qu'elle nous le cou-
 » vre ; mais la Lune peut nous cacher le Soleil, & ne pas
 » le cacher aux autres Observateurs qui sont à une certaine
 » distance de nous. Les Eclipses du Soleil ne se font donc
 » pas dans le même instant pour tous les Peuples : outre la
 » différence des Méridiens, il y a une différence réelle dans
 » le Phénomène, qui est produite par la différente situa-
 » tion des Observateurs. »

I V.

*De la grandeur des Degrez terrestres & de
 la grosseur de la Terre.*

26. On a sans doute remarqué que les moyens dont
 nous venons de donner une idée générale pour découvrir
 les changemens en latitude & en longitude, ne les four-
 nissent toujours qu'en degrez, ou relativement à la circon-
 férence de toute la Terre. Nous sçavons, par exemple,
 en consultant le Ciel, que nous sommes par 45° degrez de

Latitude ; ces 45 degrez forment la huitième partie du tour de la Terre : mais nous ne sçavons rien de plus ; nous ignorons combien de lieues valent ces degrez , parce que nous ne sçavons pas quelle est la grosseur de la Terre. Ainsi, quoique nous sçachions notre latitude, nous ignorons combien nous avons réellement de chemin à faire pour nous rendre à l'Equateur , ou pour aller jusqu'au Pole.

27. C'est ce que les Anciens qui ont tâché de mesurer la Terre , paroissent avoir parfaitement senti. Eratosthenes qui vivoit environ 250 ans avant J. C. est le premier qui s'occupa de cette recherche; mais ses essais, quoiqu'heureux à certains égards, n'empêchent pas qu'il ne fût réservé à l'Académie Royale des Sciences d'achever cette entreprise , ou plutôt de faire tout dans cette matière importante. Cette Compagnie a fait mesurer les degrez de la Terre en trois endroits différens & fort éloignés les uns des autres. Elle envoya pour cela plusieurs de ses Membres en 1735. aux environs de l'Equateur, d'autres se rendirent en 1737. au Cercle-Polaire - Arctique , & une troisième Troupe travailloit en même tems en France à de semblables opérations. J'ai eu une assez grande part à celles qui ont été faites sous l'Equateur dans le Pérou aux environs de Quito. Nous ne nous contentâmes pas d'y mesurer un degré, nous en mesurâmes trois pour une plus grande exactitude.

28. « Les Etoiles, qu'on nomme vulgairement les trois « Rois , répondoient sur notre tête ; nous nous attachâmes « à observer combien celle du milieu étoit éloignée de notre Zénith aux deux extrémités d'un espace de plus de 60 « lieues, qui étoit Nord & Sud, & que nous choisîmes dans « cette longue chaîne de montagnes qu'on connoît sous le « nom de Cordelière. Nous mesurâmes actuellement deux « bases, longues chacune d'environ 2 lieues , & le reste fut « conclu par des triangles. Toute la longueur réduite au niveau de la Mer & à la direction du Méridien , se trouva « de 176892 toises du Châtelet de Paris. L'Etoile répondoit « presque sur le milieu de cet espace; ainsi on cessoit de l'a- «

Fig. 37. & 38. » voir au Zénith lorsqu'on alloit à une des deux extrémités.
 » Elle pouvoit donc servir comme de point fixe ; & il n'é-
 » toit question que de mesurer par les moyens dont j'ai déjà
 » dit un mot , combien elle étoit éloignée de chaque Zé-
 » nith. Ajoûtant ensuite les deux distances ensemble, on dé-
 » couvroit la distance d'un Zénith à l'autre , ou la grandeur
 » de l'arc céleste qui répondoit au-dessus des 176892 toi-
 » ses. Si je m'en rapporte à mes propres observations, l'arc
 » se trouva de 3^d. 7^m. 2'', & si on cherche à proportion la
 » longueur du degré, il est de 56748 toises.

29. » Mais ce qui est bien digne d'attention, les degrez
 » terrestres ne se sont pas trouvés de même longueur dans
 » les autres Régions où on a fait des opérations semblables,
 » & la différence est trop grande pour qu'on puisse l'attribuer
 » aux erreurs inévitables des observations. Le degré sous le
 » cercle polaire s'est trouvé de 57422 toises. Ainsi il faut
 » absolument que la Terre ne soit pas parfaitement ronde,
 » & qu'elle soit plus haute vers l'Equateur que vers les Po-
 » les, conformément à ce que nous indiquent d'autres expé-
 » riences dont il n'est pas nécessaire de parler ici. La cour-
 » bure de la Terre est plus subite vers l'Equateur dans le
 » sens Nord & Sud ; puisque les degrez y sont plus petits :
 » & la Terre est au contraire plus plate vers les Poles, puis-
 » que les degrez y sont plus grands. On croyoit que l'Equa-
 » teur n'étoit distingué que par la plus grande rapidité du
 » mouvement qui se fait en 24 heures ; mais il est marqué
 » d'une manière bien plus réelle par une élévation con-
 » tinue , qui doit être d'environ 6 lieues marines & de-
 » mie, tout autour de la Terre, & par-tout à une égale
 » distance des deux Poles. On donne le nom d'*Axe* à la
 » ligne droite tirée d'un Pole à l'autre par l'intérieur de la
 » Terre ; & cet Axe est plus court que les diamètres de
 » l'Equateur d'environ une 179^e partie.

30. » Au reste cette différence n'est pas encore assez gran-
 » de, pour qu'on puisse l'appercevoir dans les Eclipses de
 » Lune, lorsqu'on examine sur cette Planete la figure circu-

faire de l'ombre de notre Globe. On peut aussi se dispenser d'y avoir égard dans la Marine, & continuer à considérer la Terre comme un Globe parfait. Il est seulement à propos, puisque les degrez du Méridien sont de grandeurs un peu différentes, de leur attribuer, lorsqu'on les suppose égaux, non pas la plus grande longueur qu'ils ont vers les Poles, ni la plus petite qu'ils ont vers l'Equateur; mais celle qui tient un milieu. On peut s'arrêter à celle qu'ils ont vers le 45^{me} degré de latitude, & les fixer à 57000 toises. »

Fig. 37. & 38.

31. Cela supposé, nous pouvons régler aisément la longueur de la lieue marine, en la rendant une certaine partie du degré. Il vaut incomparablement mieux prendre ce parti, que de donner d'abord au hazard une certaine grandeur à la lieue, & voir ensuite combien elle est contenue de fois dans les 57000 toises du degré. On veut en France que le degré contienne exactement 20 lieues. Ainsi nous n'avons qu'à diviser 57000 toises par 20, & nous aurons 2850 toises du Châtelet de Paris pour la lieue marine françoise. Cette lieue est plus grande que la plupart de celles dont on se sert dans les différentes Provinces du Royaume, & elle est aussi plus longue que la lieue horaire que fait ordinairement un homme de pied pendant une heure. Les Hollandois mettent 15 lieues dans le degré terrestre; ainsi chacune de ces dernières lieues sera de 3800 toises. Les Italiens se servent de milles, qui étoient censés de 1000 pas géométriques ou pas doubles, qui sont chacun de 5 pieds; & ils supposoient que 60 de ces milles faisoient un degré. Cette manière d'évaluer les distances est fort commode: Le mille d'Italie doit valoir une minute de degré terrestre, ou un tiers de nos lieues marines; mais il faut donc nécessairement en changer la longueur, & l'augmenter d'environ une 7^{me} partie. En effet 1000 pas géométriques, ou 5000 pieds de Roy ne répondent qu'à 833 toises un tiers; au lieu qu'il faut donner 950 toises au mille, pour le rendre égal à nos tiers de lieue ou

Fig. 37. & 38. aux minutes des degrez des Méridiens ou de l'Equateur, que nous considérons comme égaux.

32. « La grandeur de la circonférence de la Terre » supposée ronde, se déduit par une simple multiplica- » tion. Le degré est la 360^{me} partie de la circonférence de » la Terre, pendant que chaque degré contient 20 lieues. » On aura donc 7200 lieues pour le circuit de la Terre. » Cette détermination n'a rien de vague, puisqu'il s'agit » ici de lieues dont nous connoissons parfaitement la lon- » gueur. Archimède a trouvé que, lorsque la circonféren- » ce d'un cercle est de 22 parties, le diamètre est de 7. On » peut fonder sur cela une proportion ou règle de Trois, » qui donnera le diamètre de la Terre. 22 est à 7, comme » 7200 lieues de circonférence de la Terre est à un quatrié- » me terme. Mélius a exprimé beaucoup plus exactement » le rapport du diamètre du cercle à la circonférence, par » des nombres qui sont très-faciles à retenir : ces nombres » sont 113 & 355. Ainsi nous n'avons qu'à faire cette autre » proportion: 355 est à 113, comme 7200 lieues de la cir- » conférence de la Terre est à 2320^{*} lieues pour le diamètre. » Prenant la moitié de ce dernier nombre, on aura 1160 » lieues pour le rayon ou pour la distance d'ici au centre. »

33. Enfin nous pouvons maintenant nous servir des Echel- les des degrez, qui sont tracées dans les Cartes, comme si elles marquoient des lieues; & il nous sera facile avec un compas de mesurer toutes les distances. On aura autant de fois 20 lieues qu'on aura de degrez: 30 minutes marqueront la longueur de 10 lieues, & 3 minutes celle d'une lieue. Il faut seulement bien se souvenir que ce sont les degrez des Méridiens ou de l'Equateur, qui ont cette longueur déterminée, & non pas les degrez des Paralleles, puisque ceux-ci sont plus petits dans toutes sortes de rapports, lorsqu'on avance vers les Poles. Nos Cartes sont destinées, principalement lorsque nous avons singlé un certain nombre de lieues vers un certain côté, à nous montrer en quel endroit nous sommes parvenus. Si l'on est

* Lisez 2292 lieues pour le diamètre. et 1146 lieues pour le rayon

parti, par exemple, des environs de Dieppe, & qu'on ait fait 75 lieues précisément à l'Occident, on apprendra par la Carte de la Manche * qu'on est arrivé vers le Cap Lézard, qui est la pointe de l'Angleterre, la plus avancée vers le Sud. Mais il nous faut donc expliquer deux choses. 1^o. Comment on peut déterminer en Mer la direction précise de la route qu'on a faite; & 2^o comment le Pilote peut sçavoir le nombre de lieues qu'il a courues.

Fig. 37. & 38.

* Voy. la première des Cartes qui sont à la fin de ce Traité.

CHAPITRE II.

De la Construction de la Bouffole & de son usage, pour reconnoître la direction que suit le Vaisseau.

I.

De la Pierre d'Aimant, & de la manière de toucher les Aiguilles.

(Voyez les Figures 39. 41. & 42.)

34. **L'**INVENTION de la Bouffole a changé la face de la Navigation, & l'a rendu très-différent de celle des Anciens qui n'osoient guères se hasarder en pleine Mer, ni s'exposer à perdre la terre de vûe. On peut juger par les noms que conservent encore certaines parties de cet instrument, & par d'autres particularités, comme par la fleur de lys qui marque le Nord, que la Bouffole étoit d'abord très-imparfaite, & que plusieurs Nations ont contribué à la perfectionner. Sa principale partie est une aiguille d'acier qu'on frotte, ou qu'on *touche* à une pierre d'aimant; ce qui lui donne la propriété singulière de se diriger vers le Nord & vers le Sud, ou d'indiquer la direction du Méridien. Lorsqu'on suspend la pierre d'aimant, ou

Fig. 39. 41. qu'on la fait flotter librement sur l'eau dans quelque vase,
& 42. on s'apperçoit qu'elle a la même propriété; elle tourne
jusqu'à ce que deux de ses points se présentent, l'un au
Nord & l'autre au Sud.

35. « Ce n'est pas ici le lieu de tâcher d'expliquer cet
» effet : nous nous bornerons à dire qu'on peut soupçon-
» ner qu'il y a un torrent de matière invisible & très-sub-
» tile qui circule continuellement d'un Pole de la Terre à
» l'autre dans l'intérieur du Globe & à sa surface, en for-
» mant une espèce de tourbillon ; & que cette matière, en
» traversant l'aimant & les aiguilles qui ont été frottées à
» cette pierre, a assez de force pour les obliger de se met-
» tre dans la ligne du mouvement qu'elle suit. La Terre
» elle-même est comme un gros aimant ; ce tourbillon
» qu'elle a, les pierres d'aimant l'ont aussi ; ce qu'on re-
» marque par l'arrangement que prend la limaille de fer
» dont on l'environne, quand on veut en faire l'expé-
» rience.

» 36. On donne le nom de Poles aux deux points op-
» posés de l'aimant, qui affectent de se tourner vers le Nord
» & vers le Sud. Le Pole Nord d'un aimant attire le Pole
» Sud d'une autre pierre, & il repousse le Pole Nord. Si on
» a plusieurs aimans, & qu'on les mette de suite, ils s'at-
» tacheront toujours par les Poles de différens noms, ou par
» ceux qui tendent à se diriger par rapport à la Terre vers
» des côtés opposés. On augmente beaucoup la force de
» ces deux points par le moyen de l'armure qu'on y joint.
» Ce sont deux platines d'acier qui enveloppent en partie
» les deux extrémités de la pierre, & qui se terminent en
» bas par des espèces de boutons. La matière subtile ou
» magnétique qui circule autour de la Terre & dans l'ai-
» mant, s'y porte naturellement en y coulant comme dans
» deux canaux; & souvent la force en devient 50 ou 60 fois
» plus grande.

Fig. 39.

» 37. La Figure 39 représente une de ces pierres, qui
» est armée. Pour distinguer les Poles *A* & *B* de tous les
» autres

autres points, on applique sur l'aimant un petit tronçon « d'aiguille à coudre. Ce morceau d'aiguille se met paral- « lelement à la surface de la pierre, ou bien il s'incline, « tant qu'on ne l'applique pas à l'un ou à l'autre Pole; mais « si on le pose sur un de ces deux points, il s'élève perpen- « diculairement. Les deux armures doivent être de bon « acier; on les attache à l'aimant par une espèce de cein- « ture *AB*, qui fait le tour de la pierre, & qu'on peut faire « de toute sorte de métal, pourvu que ce ne soit pas de fer. « Si on se servoit de fer ou d'acier, la matière subtile ou « magnétique qui entre dans l'aimant & qui en sort, ne « passeroit presque plus par les boutons *D* & *F*; elle s'en « détourneroit pour circuler continuellement dans la cein- « ture même. «

38. La forme des aiguilles qu'on veut aimanter, & « qui doivent indiquer aux Marins le Nord & le Sud, n'est « point indifférente. On les fait encore quelquefois en pa- « rallelograme, ou en lozange de tole qu'on évide par le « milieu, comme le représente la *Figure 40*, ou bien on « forme ce lozange avec du fil de fer. Cependant la ma- « tière subtile ou magnétique qui circule d'un Pole à l'au- « tre de la Terre, ne peut pas suivre les côtés de ces figu- « res, sans s'écarter de sa direction naturelle; ce qui fait « que ces aiguilles ont peu de vivacité ou peu de vertu. « Outre cela la direction du lozange dépend de l'équili- « bre qui se trouve entre les efforts particuliers que font « les quatre côtés pour se mettre Nord & Sud, & cet équi- « libre se trouve altéré, lorsqu'un des côtés se rouille, « pendant que les autres conservent toute leur propriété. « L'aiguille, pour être bonne, doit être toute simple. On « la fait longue de 4 ou 5 pouces, elle doit se terminer « en pointes par ses deux extrémités comme dans la *Figure* « 41; on lui donne une demie ligne ou trois quarts de li- « gne d'épaisseur, & deux ou trois lignes de largeur par le « milieu, afin d'y pouvoir appliquer la chape *C*. Lorsqu'on « a une forte pierre d'aimant, on peut rendre les aiguilles «

Fig. 41. & 42. » qu'on y touche plus épaisses & moins pointues. La chape
 » pe C est un petit morceau de laiton ou d'agate creusé
 » par-dessous. L'aiguille est percée dans ce même endroit ;
 » & le pivot sur lequel pose la chape, soutient l'aiguille, &
 » lui donne la liberté de tourner.

I I.

*Méthode de toucher ou d'aimanter les aig-
 guilles de Boussole.*

39. » On aime plus parfaitement l'aiguille, ou on
 » la touche mieux, lorsqu'on a deux bons aimans. Après
 » qu'on a bien limé & poli l'aiguille, on la pose sur une
 » table ; on applique le bouton de l'armure d'un des ai-
 » mans proche le milieu, on le fait glisser vers la pointe
 » de l'aiguille, en appuyant un peu fortement, & on fait
 » la même chose en même tems de l'autre côté avec l'au-
 » tre aimant, en se servant de l'autre Pole. On peut se
 » servir aussi d'une seule pierre ; & c'est même la manière
 » qui est le plus en usage. On supplée aux aimans naturels
 » par des aimans artificiels ; ce sont quelquefois de sim-
 » ples morceaux d'acier bien trempé, qu'on a fortement
 » aimantés, & on s'en sert comme d'aimans. C'est tou-
 » jours le Pole qui se tourne vers le Sud, qui sert à ai-
 » manter l'extrémité de l'aiguille qu'on destine à marquer
 » le Nord ; & l'autre Pole sert à aimanter l'autre extrémité.
 40. » La manière de faire les aimans artificiels, vient
 » d'être extrêmement perfectionnée en Angleterre & en
 » France ; & il semble que les Pilotes qui font de longs
 » voyages, devroient maintenant se munir de ces aimans
 » qui coûtent si peu. Il seroit bon d'en avoir quatre qu'on
 » conservât dans deux étuis différens qui en contiussent
 » chacun deux : ces aimans sont des barres d'acier bien
 » trempé, longues chacune de 9 ou 10 pouces, sur 4 ou 5
 » lignes de largeur, & 2 ou 3 lignes d'épaisseur. On les
 » met à côté l'une de l'autre en sens contraire, comme NS

& *SN* (Fig. 42) en les séparant par un morceau de bois « qu'on met entre deux, afin qu'elles ne se touchent ja- « mais par les côtés, & on applique outre cela deux mor- « ceaux *AB* & *CD* d'un fer doux & non trempé sur leurs « deux extrémités, afin de procurer la communication de « la matière magnétique. Ces aimans doivent être arran- « gés de cette sorte dans leur étui; ils conservent par cette « disposition incomparablement mieux leur force, parce « que la matière invisible dont dépend leur vertu, a en- « suite un cours réglé qui la fait continuellement passer « d'une barre *NS* à l'autre *SN*, par la voie que fournis- « sent les deux *Contacts AB* & *CD*; ce qui l'empêche de « se dissiper en se mêlant avec celle qui circule autour de « la Terre. »

41. L'avantage qu'il y auroit à avoir encore deux au- « tres barres semblables, renfermées dans un second étui, « comme nous le conseille M. Du Hamel, consiste en ce « qu'on se serviroit des unes pour renouveler réciproque- « ment la vertu des autres, ou pour les abreuver, pour « ainsi dire, d'une plus grande quantité de matière ma- « gnétique. * On en disposeroit deux sur une table préci- « sément comme elles étoient placées dans leur étui; en « joignant aussi les deux petits morceaux de fer doux aux « extrémités pour achever le rectangle: on prendroit en- « suite les deux autres barres; on les appuyeroit par le « bout vers le milieu d'une des barres *NS*, en les incli- « nant presque tout-à-fait en-dehors, & on les feroit glis- « ser en sens contraires ou en les écartant, jusqu'à venir « toucher les points marqués *N* & *S* de la même barre, en « observant toujours que ce soient les extrémités de dif- « férens noms qui se touchent. On feroit la même chose « sur l'autre barre *SN*, après avoir changé de bout les deux « barres qu'on fait mouvoir. On répéteroit l'opération une « quinzaine de fois, & on feroit la même chose sur l'au- « tre face des barres *NS* & *SN* qu'on auroit renversées. « Ces deux dernières barres se trouvant ensuite chargées «

* Voy. le
Traité des Ai-
mans artific.
imprimé à Pa-
ris chez Gue-
rin, 1752.

Figure 42. » d'une plus grande quantité de matière magnétique, fer-
 » viroient à leur tour à augmenter la force des deux autres ;
 » & lorsqu'on voudroit aimanter une aiguille de Bouffole,
 » on se serviroit de deux de ces barres, comme lorsqu'on
 » veut augmenter la vertu magnétique d'une des barres de
 » la Fig. 42.

42. » On aimantera encore mieux les aiguilles de
 » Bouffole, lorsqu'on en aura deux de la même grandeur.
 » On les placera sur une table à côté l'une de l'autre, en
 » laissant entr'elles un intervalle comme d'un pouce; on
 » fera attentif de les poser en sens contraire, & on met-
 » tra à leurs extrémités les deux *Contacts* ou morceaux de
 » fer doux, afin de former un rectangle ou quarré long
 » autour duquel la matière magnétique puisse circuler pen-
 » dant la *Touche*. On appliquera ensuite sur le milieu d'une
 » des aiguilles les extrémités opposées des deux barres
 » d'acier qui servent d'aimans ; on inclinera, comme nous
 » l'avons dit, ces deux barres en dehors, & on les écar-
 » tera ensuite tout doucement l'une de l'autre, mais en
 » pesant sur l'aiguille, & en faisant glisser ces barres de-
 » puis le milieu de l'aiguille jusqu'à ses extrémités. On
 » répétera la même chose plusieurs fois ; on fera après
 » cela la même opération sur l'autre aiguille, en chan-
 » geant les deux barres de bout, & il sera avantageux de
 » repasser plusieurs fois, d'une aiguille à l'autre. Tout après
 » cela sera fini, les deux aiguilles seront aimantées ; mais
 » pour leur donner autant de force qu'il est possible, il
 » faudra les renverser & les aimanter encore sur les deux
 » autres faces.

Méthode de faire les Aimans artificiels.

43. » Il peut devenir quelquefois utile aux Marins de
 » pouvoir former des aimans artificiels : il suffit pour cela
 » qu'on ait un aimant foible, & on peut même absolument
 » s'en passer, comme on va le voir expliqué. Nous avons

dit que le Globe terrestre, qui avoit beaucoup de rapport à un gros aimant, étoit environné d'un tourbillon de matière magnétique, ou de cette matière subtile qui agit sur les aiguilles de nos Bouffoles, en les obligeant de se mettre à peu près Nord & Sud. Le courant de la matière magnétique ne se fait pas parallèlement à la surface de la Terre : il n'a cette direction à peu près que vers le milieu de la Zone Torride ; mais lorsqu'on avance un peu considérablement vers l'un ou l'autre Pole, on s'aperçoit que la matière magnétique entre dans la Terre, ou en sort, en suivant des lignes presque à plomb. C'est ce qu'on reconnoîtroit par nos aiguilles de Bouffoles ordinaires, si elles étoient suspendues d'une autre manière, & qu'elles eussent une parfaite liberté de s'abaisser par une extrémité, & de s'élever par l'autre. Si l'on veut prendre une notion plus parfaite de la direction que suit la matière magnétique, il n'y a, comme nous le disions, qu'à appliquer sur une pierre d'aimant qui n'est point armée, plusieurs tronçons d'aiguilles dont on se sert pour coudre : la situation qu'ils prendront, représentera la direction que suit la matière magnétique en circulant autour de la Terre. Il doit néanmoins se trouver quelque différence ; parce que la pierre d'aimant ne sera pas parfaitement homogène, elle ne sera pas toute formée de parties également magnétiques : & d'un autre côté le Globe terrestre est aussi formé d'un grand nombre de parties de différentes natures. «

Figure 42.

44. Cela supposé, on prendra une barre de fer de 5 à 6 pieds de longueur, ou même plus courte ; on la disposera à peu près selon le courant de la matière magnétique. Si on est vers le milieu de la Zone Torride, on la mettra parallèlement à l'Horison, & à peu près Nord & Sud : mais si on étoit par une grande latitude ; si on est, par exemple, éloigné de l'Equateur de 50 ou 60 degrez, on placera la barre de fer presque à plomb, en la penchant néanmoins un peu, comme de 8 ou 10 degrez par-

Fig. 42.

» en-haut vers l'Equateur, ou vers le côté qui répond au
 » Soleil à midi. On attachera le long de cette barre de
 » fer au milieu, avec deux cordons, une petite barre d'a-
 » cier de 8 à 9 pouces de longueur, qu'on aura eu le soin
 » de bien équarrir avec la lime, & de tremper. On pren-
 » dra ensuite une autre barre de fer d'environ 2 pieds de
 » longueur; & on se servira par préférence de quelqu'un de
 » ces instrumens dont on se sert dans les cheminées pour
 » attiser le feu, parce qu'ils sont déjà pour l'ordinaire un
 » peu aimantés. Je suppose qu'on emploie les pincettes :
 » on les couchera presque sur la première barre de fer, en
 » appliquant leur extrémité inférieure sur le bout d'en-bas
 » du petit barreau d'acier; on les fera glisser dans cette si-
 » tuation tout le long du barreau, en les appuyant avec
 » assez de force; & on répétera la friction jusqu'à deux ou
 » trois cens fois, en la faisant toujours dans le même sens,
 » c'est-à-dire en montant, si l'on est dans les Zones tem-
 » pérées. On renverfera ensuite le petit barreau d'acier,
 » pour mettre en-dessus la face qui étoit en-dessous; & on
 » recommencera d'autres frictions, en observant les mê-
 » mes précautions que les premières fois. Le petit bar-
 » reau se trouvera après cela assez considérablement ai-
 » manté; on aimantera de la même manière un second
 » barreau, un troisième & un quatrième; & on leur don-
 » nera enfin une nouvelle force en les aimantant les uns
 » par le moyen des autres, après les avoir accouplés suc-
 » cessivement par des contacts ou morceaux de fer doux,
 » comme nous l'avons expliqué plus haut. »

I I I.

*De la Rose de la Bouffole & de sa divi-
 sion en Airs ou Rumbs de vent.*

(Voyez la Figure 43.)

45. L'aiguille étant aimantée on la suspend sur un pi-

vot dans une boëte qu'on a le soin de couvrir d'une glace,
 & le tout forme la Bouffole. L'instrument est néanmoins
 presque toujours plus composé lorsqu'on le destine à l'u-
 sage de la Marine. L'agitation du Vaisseau, étant quel-
 quefois fort grande, on se trouve obligé de munir la Bouf-
 sole d'une double boëte. Celle de dedans est soutenue au
 milieu de deux *balanciers* ou quadres de cuivre, qui sont
 l'un dans l'autre, & qui se placent horizontalement, en
 portant sur de petits boulons, comme dans les lampes
 de Cardan. Nous avons le soin d'avertir expressément que
 les balanciers doivent être de cuivre; car il faut qu'il
 n'entre absolument aucun autre fer que l'aiguille aiman-
 tée, dans la construction des Bouffoles; & on ne sçau-
 roit aussi pousser l'attention trop loin pour exclure la plus
 petite partie de ce dernier métal du voisinage de ces in-
 strumens. Une aiguille toute simple seroit presque tou-
 jours trop sujette à vaciller; outre cela il ne suffit pas de
 connoître le Nord & le Sud, on a besoin en Mer de con-
 noître un plus grand nombre de différentes directions.
 C'est pourquoi on charge l'aiguille d'un carton très-léger,
 ou plutôt d'un morceau de talc taillé en rond, & collé
 entre deux morceaux de papier; & on trace dessus une
Rose des vents, qui est un cercle divisé en 32 parties éga-
 les par des rayons qu'on nomme *Rumbs* ou *Airs de vent*.
 46. Le Nord, comme nous avons déjà eu occasion
 de le dire, est indiqué par une fleur de lys qui doit ré-
 pondre sur l'extrémité de l'aiguille. Une autre ligne est
 perpendiculaire à la ligne Nord & Sud; elle indique d'un
 côté l'Orient ou le Levant, & de l'autre l'Occident ou
 le Couchant. On lui donne dans la Marine le nom de
Ligne Est & Ouest. On nomme Est l'Orient, & Ouest
 l'Occident. Ces quatre directions Nord, Sud, Est &
 Ouest, qui partagent la Bouffole, & même l'Horison en
 quatre parties égales, sont regardées comme principales;
 on les nomme les Vents *Cardinaux*, & ils communiquent
 leurs noms à tous les autres.

Figure 43.

47. L'air de vent, qui est exactement entre le Nord & l'Est, emprunte son nom de ces deux premiers ; il se nomme Nord-Est. On a de même le Sud-Est entre le Sud & l'Est ; le Sud-Ouest entre le Sud & l'Ouest ; le Nord-Ouest entre le Nord & l'Ouest. L'Horison ou le tour de la Bouffole se trouve de cette sorte divisé en huit parties égales, qui sont chacune de 45 degrez. On les partage derechef par la moitié ; & on donne encore aux airs ou rumbes de vent moyens les noms des deux entre lesquels ils se trouvent, en observant d'employer toujours ceux des quatre cardinaux les premiers. On a donc le Nord Nord-Est, l'Est Nord-Est, l'Est Sud-Est, le Sud Sud-Est, le Sud Sud-Ouest, l'Ouest Sud-Ouest, l'Ouest Nord-Ouest, & le Nord Nord-Ouest.

48. La Bouffole se trouve alors divisée en 16 parties, qui sont chacune de 22^d. 30^m. On les subdivise encore en les partageant par la moitié ; mais afin d'abrégier un peu les noms, on suit, en nommant les nouvelles directions, une méthode un peu différente de la première. L'air de vent qui est entre le Nord & le Nord Nord-Est, se nomme le Nord quart de Nord-Est ; parce qu'il est auprès du Nord, mais qu'il marque le quart de la distance du Nord au Nord-Est. Cet air de vent est presque le Nord, mais il avance d'un quart vers le Nord-Est. On a de l'autre côté du Nord, le Nord quart de Nord-Ouest, c'est-à-dire le Nord qui avance un quart vers le Nord-Ouest. On forme le nom de tous les autres quarts de la même manière. La Figure 43 les représente avec tous les autres rumbes. Nous les avons marqués par leurs lettres initiales, comme on le fait ordinairement dans la Marine : au lieu de Nord quart de Nord-Est, on écrit $N\frac{1}{4}NE$.



IV.

Des différentes sortes de Bouffoles , & de leurs usages.

(Voyez la Figure 44.)

49. On nomme *Compas de route* , les Bouffoles dont on se sert pour diriger la proue du Navire , du côté vers lequel on veut aller. Ces Bouffoles sont renfermées dans l'*Habitacle* qui est une espèce d'armoire ouverte , située selon la largeur du Vaisseau , ou perpendiculairement à la longueur de la quille. La boîte de la Bouffole est parfaitement carrée , ce qui fait qu'en examinant la situation de la rose par rapport à la boîte , ou par rapport à l'*Habitacle* , on sçait , sans être obligé de porter la vue plus loin , comment est dirigé le Navire.

50. On a d'autres Bouffoles qui servent à relever les objets éloignés , ou à reconnoître l'air de vent auquel ils répondent ; & on nomme ces Bouffoles *Compas de variation* , à cause d'un autre usage qu'elles ont , & dont nous parlerons dans un moment. Nous avons représenté une de ces Bouffoles dans la Figure 44. On y voit deux pinnules *A* & *B* par lesquelles on vise aux objets dont on veut sçavoir la direction. Cet instrument est sujet à une assez grande incommodité : car il exige toujours en Mer pour son usage , le concours de deux observateurs. Si l'on étoit à terre , on pourroit , après avoir visé à l'objet par les deux pinnules *A* & *B* , examiner tout à loisir quelle est la direction *AB* sur la Bouffole. Mais en Mer la chose ne peut pas se pratiquer , à cause du mouvement continuel du Vaisseau : il faut nécessairement pendant qu'un observateur pointe à l'objet , qu'un autre examine la situation de la ligne *AB*. Cet assujetissement est non-seulement pénible , il peut nuire à l'exactitude de l'observation , parce qu'il peut arriver que les deux observa-

Fig. 44.

teurs ne s'accordent pas à saisir le même instant.

§ 1. Ce n'est pas absolument la direction de la ligne AB que le second Observateur se charge d'examiner ; il gêneroit trop l'autre Observateur. Il y a un fil tendu de D en E perpendiculairement à AB , & c'est à la situation de ce fil que le second Observateur est attentif. S'il est question, par exemple, d'observer combien il s'en faut que le Soleil ne se lève au point précis de l'Est de la Bouffole, le second Observateur examine combien le fil ED diffère de la ligne Nord & Sud. Si le Soleil se levoit exactement à l'Est, la ligne Nord & Sud de la Bouffole tomberoit précisément sur DE ; mais si l'Est de la Bouffole s'écarte du Soleil de 10 à 12 degrez, la fleur de lys ou le Nord s'écartera de la même quantité, du fil DE . Ainsi lorsqu'on dirige la ligne AB sur l'objet, & qu'on veut sçavoir à quelle distance cet objet répond de l'Est ou de l'Ouest, on peut, sans crainte de se tromper, examiner la situation de DE par rapport à la ligne Nord & Sud ; mais, comme nous l'avons dit, l'observation a ses difficultés.

Description d'un nouveau Compas de variation.

(Voyez les Figures 45 & 46.)

Fig. 45. & 46. § 2. » On pourroit, à ce que je crois, donner aux Com-
 » pas de variation une autre forme, sçavoir celle que j'ai re-
 » présentée dans les Figures 45 & 46. La boîte intérieure
 » $AEDB$ est quarrée comme à l'ordinaire, mais elle est
 » couverte de deux glaces ou plutôt de quatre qui forment
 » en-dessus comme un toit, & qui sont jointes en haut
 » par des plombs garnis de mastic. Je tends en travers sur
 » ce toit de verre, un fil AFB depuis le point A jusqu'au
 » point B ; en faisant enforte qu'il réponde bien exacte-
 » ment au-dessus du centre C de la rose. De plus je place

en *AH* un petit miroir auquel je donne une situation « Fig. 45. & 46. inclinée de 30 ou 40 degrez par rapport à l'Horison. On pourroit le faire sortir en partie de la boëte intérieure, ou donner en cet endroit une petite saillie à la boëte pour le contenir. Il est seulement essentiel que ce petit miroir vienne toucher presque aubord de la rose ; & une autre condition n'est pas moins importante , il faut qu'il ne soit incliné ni vers la droite ni vers la gauche. »

§ 3. Pour s'assurer s'il a exactement la situation nécessaire , il n'y a qu'à se placer de l'autre côté de la Bouffole , & voir , en fermant un œil , si l'image du fil *FB* dans le miroir , se trouve cachée par le fil même , pendant que ce fil paroît passer par le centre de la rose. Il sera facile en Mer de rétablir par le moyen de quelques vis la situation du miroir , supposé qu'il l'ait perdue par quelque accident. Une dernière précaution qui sera encore nécessaire , c'est d'attacher en quelque endroit des côtés de la boëte en-dedans , une branche de ressort de cuivre qui vienne presque se reposer sur la chape *C* ; afin que l'agitation du Vaisseau ne puisse pas faire sortir la rose de dessus son pivot. »

§ 4. L'usage de ce Compas sera fort simple. Supposé que le Soleil soit à une certaine hauteur , & qu'on veuille sçavoir à quel rumb de vent de la Bouffole il répond ; on appuyera , pour plus de facilité , le Compas sur quelques corps mous : on le tournera ensuite vers le Soleil , en faisant en sorte que l'ombre du fil *FB* tombe sur le centre de la Bouffole , & on examinera en même tems la direction de l'ombre. Si le Soleil est à l'Horison , & qu'il ne fasse pas d'ombre , ou supposé qu'il s'agisse de sçavoir à quel rumb paroît un Navire éloigné , ou un Cap , on dirigera le Compas de la même manière ; mais dans ce cas on regardera l'objet dans le miroir ; on coupera son image par celle du fil *FB* , & on verra du même coup d'œil sur la rose en *H* le nombre de degrez , ou le rumb qui répond à ce point. Si c'est le *SSO*, ce

Fig. 45. & 46. » sera une marque que l'objet répond au *NNE* ou au *N*
» 22 deg. 30 min. vers l'*E*. »

*Mesurer avec le Compas de variation l'An-
gle que fait la route du Navire
avec la Quille.*

(Voyez la Figure 47.)

55. Le même Compas servira à reconnoître la route effective qu'on suit pendant la navigation ; ou à la distinguer de la situation qu'a la quille ou la longueur du Navire. Les Boussoles qui sont dans l'habitacle, ne font connoître que le rumb auquel on présente la proue ; mais lorsque le vent n'est pas absolument favorable, & que les voiles sont orientées obliquement, le Navire est poussé de côté ; & alors il s'en faut beaucoup qu'il ne suive dans son mouvement la direction de sa quille. On nomme *Dérive* cet écart, ou l'angle que fait la vraie route avec la ligne de la longueur du Vaisseau. Quelquefois cet angle est de plus de 20 ou 25 degrez ; c'est-à-dire, que le Navire, au lieu de marcher sur le prolongement de sa quille, suit une direction différente de cette même quantité. Heureusement le Vaisseau en fendant la Mer avec force, laisse toujours derrière lui une trace qui subsiste très-long-tems : il suffit donc de prendre cette ligne pour la vraie route, & d'observer son gissement sur le Compas de variation.

56. Si *AB* (Fig. 47.) représente un Vaisseau dont *A* soit la poupe, & *B* la proue, & que la voile *ED*, au lieu d'être située perpendiculairement à la quille, soit orientée obliquement, afin de recevoir le vent qui vient de côté, & qui la frappe selon la direction *VC*, le Navire sera poussé par sa voile, non-seulement selon sa longueur, mais il le sera aussi de côté ; & il suivra la route *CF*, qui peut faire un angle aigu avec la direction du vent. Comme il doit trouver beaucoup plus de difficulté à fendre l'eau par le flanc que par la proue, il est soutenu

par la résistance que fait le Milieu sur lequel son flanc se trouve comme appuyé ; il présente la proue au vent , il gagne par sa marche contre le vent , ou pour nous expliquer autrement , il remonte vers l'origine du vent : il est , pour ainsi dire , dans le cas d'un bateau qui , étant dans un large fleuve , iroit obliquement contre son cours. On jouïroit encore plus parfaitement de cet avantage singulier , si le Navire ne fendoit du tout point l'eau par le côté , & qu'il ne fût sujet à aucune Dérive , comme cela arriveroit effectivement , s'il étoit possible de rendre la proue infiniment tranchante. Ne pouvant empêcher qu'il y n'ait de la Dérive , il faut que le Pilote en observe la quantité exacte ou la grandeur de l'angle BCF ; mais il le peut aisément avec la Bouffole ou plutôt avec le Compas de variation ; puisque la trace CG que forme l'eau agitée par le mouvement du Navire , est en ligne droite avec la route CF .

Fig. 47.

V.

De la Déclinaison ou Variation de la Bouffole.

§ 7. On est encore obligé d'avoir une attention importante , lorsqu'on veut connoître la route que suit le Navire ; il faut avoir continuellement égard à la déclinaison de la Bouffole , ou au défaut de cet instrument , qui , au lieu de marquer exactement le Nord & le Sud , & les autres rumb de vent , indique d'autres directions plus ou moins différentes , selon les divers lieux de la Terre où l'on se trouve. Cette déclinaison , ou pour nous exprimer comme on le fait ordinairement dans la Marine , la *Variation* de la Bouffole est quelquefois extrêmement grande. Elle est actuellement sur les côtes de Hollande de 18 à 20 deg. & elle est environ deux fois plus grande vers la Baye d'Hudson dans le Nord de l'Amérique.

§ 8. Lorsque la fleur de lys de l'aiguille s'éloigne du

Fig. 47.

Méridien du côté de l'Orient, quoique ce ne soit que de quelques degrez, on dit que la variation est Nord-Est; & elle est Nord-Ouest, si l'aiguille s'écarte du Méridien du côté de l'Ouest ou du Couchant. Il faut remarquer que cette variation est commune à toutes les Bouffoles dans le même endroit; ainsi elle dépend d'une cause générale, & sans doute de ce que les Poles de la Terre, considérée comme Aimant, sont différens des vrais Poles terrestres, ou de ceux qui sont éloignés de l'Equateur de 90 degrez. Il faut même que les Poles de la Terre prise pour Aimant, soient sujets à changer: car la variation de la Bouffole diminue ou augmente d'une année à l'autre, dans presque tous les Pays.

59. Il n'est pas difficile d'avoir égard à la variation de la Bouffole, lorsqu'on la connoît, & elle cesse d'être une source d'erreur. On croyoit, par exemple, suivre le Méridien, en se réglant sur la Bouffole; mais elle étoit sujette à une déclinaison ou variation de 11 deg. 15 min. vers le NE; il est évident qu'au lieu de courir au Nord, on aura couru réellement au $N \frac{1}{4} NE$. Par la même raison tous les rumbs de la Bouffole qui sont du côté de l'E, se feront éloignés du vrai Nord, & approchés du Sud; ainsi au lieu de suivre ou de faire le NE, on aura fait le $NE \frac{1}{4} E$; au lieu de faire l'E, on aura fait l'E $\frac{1}{4} SE$. Ce sera tout le contraire pour les rumbs de vent qui sont du côté de l'Ouest: tous les points de la Bouffole qui sont de ce côté-là se sont approchés du vrai Nord, & éloignés du Sud. Ainsi pendant qu'on croyoit faire l'Ouest en se reposant sur la fidélité de la Bouffole, on faisoit effectivement l'O $\frac{1}{4} NO$, & en croyant suivre le $NO \frac{1}{4} O$, on suivoit le NO.

60. Si la déclinaison de la Bouffole étoit constamment la même en chaque lieu, & s'il ne se faisoit pas sans cesse dans l'intérieur de la Terre de nouvelles altérations qui changent la situation de ses Poles magnétiques, on pourroit imiter plusieurs Pilotes qui se contentent de con-

sulter sur ce point les anciens Journaux dont ils ont le soin de se munir. Une aussi grande négligence est extrêmement dangereuse : nous sçavons l'histoire des plus funestes accidens arrivés dans la Manche, pour s'être malheureusement mis dans l'esprit que la variation de la Boussole n'avoit pas changé depuis 20 ou 30 ans. On l'a vû augmenter par an de 18 ou 20 min. du côté du *NO* sur les côtes de France, où elle est actuellement de 16 ou 17 degrez : mais son progrès n'est pas régulier ; quelquefois l'aiguille a retourné un peu sur ses pas, & le changement n'a pas été le même par-tout. Il a été beaucoup moins grand dans l'Amérique Méridionale où la variation est actuellement *NE*.

Fig. 47.

Méthodes de découvrir la Variation de la Boussole.

61. On a plusieurs moyens de trouver la Variation, qui tous consistent à comparer dans certaines occasions les directions que fournit la Boussole avec les vraies directions qui se rapportent aux Régions du Monde.

62. *Première Méthode.* L'Etoile du Nord ou l'Etoile polaire dont nous avons parlé No. 5. décrit un très-petit cercle autour du Pole : elle s'écarte un peu du Méridien à droit & à gauche ; mais elle passe deux fois par le Méridien dans chaque révolution de 24 heures, & dans ces deux instans elle répond exactement au vrai Nord. Ainsi il n'y a qu'à l'observer quand elle est précisément au-dessus ou au-dessous du Pole, & voir si la fleur de lys du compas répond exactement au-dessous. On se servira pour cela du compas représenté dans les *Figures 45 & 46*, qui ne porte le nom de compas de variation, que parce qu'il est propre à cet usage & à d'autres semblables. Si la fleur de lys de la Boussole, au lieu de répondre exactement sous l'Etoile, répond un certain nombre de degrez vers l'Orient ou vers l'Occident, la variation sera *NE* ou *NO*, &

Figure, 47.

on en aura la quantité. Au reste il n'est pas difficile de sçavoir quand il est tems d'observer l'Etoile polaire : cette Etoile est dans ce siècle-ci entre le Pole & une autre Etoile connue de tous les Marins sous le nom de *Poitrine de Cassiopée*. L'Etoile du Nord se trouve donc au-dessus ou au-dessous du Pole, toutes les fois qu'elle est elle-même au-dessus ou au-dessous de la Poitrine de Cassiopée.

63. *Seconde Méthode*. Il ne sera guère plus difficile de découvrir la Variation par deux observations correspondantes du Soleil, l'une faite le matin, & l'autre l'après-midi ; mais il faudra que deux Observateurs travaillent de concert. Au défaut d'instrument plus parfait, on se servira de celui de la Fig. 3. Un des Observateurs, il n'importe à quelle heure du matin, mesurera la distance du Soleil au Zénith, & un autre examinera précisément dans le même tems avec un compas de variation, la situation du Soleil par rapport à la ligne Nord & Sud, indiquée par l'aiguille.

64. On attendra après cela que le Soleil ait passé le Méridien, & qu'il soit le soir parvenu en descendant à la même distance où il étoit du Zénith le matin. C'est-à-dire, qu'on répétera les observations déjà faites, en saisissant l'instant où le Soleil est autant éloigné du Méridien d'un côté, qu'il l'avoit été de l'autre. Les distances de l'Astre au Zénith, étant égales, toutes les autres circonstances seront les mêmes. Ainsi, si le Soleil se trouve également situé le matin & le soir de part & d'autre de la ligne Nord & Sud de la Bouffole, ce sera une marque qu'il n'y a point de variation, ou que la Bouffole indique exactement le Nord & le Sud. Si au contraire on trouve sur le compas des quantités inégales dans les observations correspondantes, il y aura de la variation ; & elle sera égale à la moitié de la différence des deux quantités.

65. Si, par exemple, le Soleil répondoit le matin au SE de la Bouffole, ou à 45 deg. de distance du Sud vers l'Est ; & que le soir, lorsque le Soleil se trouve à la même distance

distance du Zénith, mais du côté de l'Occident, il répond au *SO* de la Bouffole, ou à 45. deg. de distance du Sud vers l'*O*, il faut nécessairement que l'aiguille aimantée soit dirigée sur la ligne du Méridien; & par conséquent il n'y a pas de variation.

66. Mais supposons qu'au lieu de trouver 45 deg. de distance le soir, on en trouve 55, la différence sera de 10 degrez, & il y aura dans ce cas 5 degrez de variation *NO*. En effet, lorsque l'aiguille s'écarte du point du milieu, elle s'approche autant d'un côté, qu'elle s'éloigne de l'autre; & une des deux distances doit être précisément trop grande de la même quantité dont l'autre est trop petite. C'est pourquoi il ne faut prendre que la moitié de la différence pour avoir l'écart de l'aiguille ou la variation. Dans cet exemple la variation est *NO*. Car le Sud de la Bouffole étoit plus voisin du Soleil le matin; ce qui n'a pû arriver que parce que le Sud de l'aiguille s'est trouvé trop avancé vers le vrai Est, & le Nord trop vers l'Ouest.

67. *Troisième Méthode.* On se sert plus ordinairement en Mer du lever du Soleil ou de son coucher, pour découvrir la variation; & on préfère l'observation du soir, parce qu'on a plus le tems de s'y préparer. On cherche par des calculs que nous aurons le soin d'expliquer, à quelle distance le Soleil se lève ou se couche du vrai point de l'Orient, ou du vrai point de l'Occident, & on examine le matin ou le soir si l'Astre se lève ou se couche effectivement à cette distance de l'Est ou de l'Ouest de la Bouffole. Il ne faut de cette sorte qu'une seule observation, & le Pilote n'aura besoin d'être aidé de personne, s'il se sert du compas de variation de la *Figure 46*.

68. On nomme *Amplitude*, la distance du lever ou du coucher d'un Astre au point de l'Orient ou de l'Occident. On distingue les amplitudes en *Ortive* ou *Occasè*, selon qu'il s'agit du lever ou du coucher de l'Astre; l'amplitude est *ortive* ou *orientale*, si l'Astre se lève à quel-

Figure 47.

que distance du vrai Est ; & elle est occase ou occidentale, si l'Astre se couche à quelque distance du vrai point de l'Ouest. Le calcul , comme nous l'avons dit , nous fournira cette amplitude , ou nous fera trouver cette distance du lever de l'Astre au vrai point de l'Orient , ou du coucher au vrai point de l'Occident : mais nous pouvons trouver aussi l'amplitude par observation , en nous servant de la Bouffole , & en visant à l'Astre , lorsqu'il se lève ou qu'il se couche. Si les deux amplitudes s'accordent , celle qu'on trouve par le calcul , & celle que l'observation a fournie , il n'y a point de variation ; mais si les deux amplitudes sont différentes , c'est une marque que la Bouffole est sujette à erreur.

69. Supposons , par exemple , que le Soleil doit se coucher à 10 deg. de distance du vrai point de l'Ouest vers le Nord , & qu'il ne se couche effectivement qu'à 8 deg. de distance de l'Ouest de la Bouffole ; il est évident qu'il y aura 2 deg. de variation , & qu'elle sera *NE*. Car l'Ouest de la Bouffole s'est trouvé plus proche de l'Astre qui est vers le Nord ; ce qui ne peut avoir lieu que parce que le Nord de la Bouffole s'est un peu détourné du côté de l'Est. Nous insisterons davantage sur cette matière dans la suite. Voyez le Chap. VII du quatrième Livre.

70. Nous répétons , en terminant ce Chapitre , que la variation étant trouvée , on n'a plus rien à craindre de ses mauvais effets , & qu'on sçaura toujours exactement sur quel rumb on a couru. Mais ce n'est pas assez de connoître la direction que suit le Navire , il faut encore sçavoir la quantité précise de son chemin , ou pouvoir mesurer son sillage.



CHAPITRE III.

De la Manière de mesurer par le Loch ou par d'autres Instrumens , le chemin que fait le Navire.

I.

71. **T**OUS les moyens qu'on a employés jusqu'à présent pour mesurer la vitesse du Navire ou son sillage, se rapportent à l'usage du *Loch* dont ils ne diffèrent pas dans le fond. Metius est, à ce que je crois, le premier qui nous a donné la description de cet instrument, quoiqu'il en parle dans ses *Œuvres* publiées en 1631. comme d'un moyen dont l'usage étoit déjà établi depuis du tems. Le *Loch* n'est autre chose qu'un morceau de bois attaché à une longue ficelle. On laisse tomber de la poupe sous le vent le morceau de bois dans la Mer, où il sert comme de point fixe, à l'égard duquel on mesure le mouvement du Navire. Plus on fait de chemin, plus on est obligé de lâcher de ficelle; puisqu'on veut que le morceau de bois auquel elle est attachée, reste dans un parfait repos. La longueur de la ficelle étendue sur la surface de la Mer, marque donc la longueur du chemin que fait le Navire pendant la durée de l'expérience; & sçachant le chemin parcouru pendant un intervalle de tems connu, on sçait à proportion celui que le Navire fait pendant une heure entière ou pendant un jour.

72. On donne le plus souvent la figure de triangle isocèle au morceau de bois: il a 6 à 7 pouces de hauteur, & on charge son côté d'en-bas qui est plus court, d'un peu de plomb, afin que le triangle entre presque entièrement dans l'eau, & se tienne verticalement ou perpendiculai-

rement à l'Horison. Il est nécessaire de lui faire prendre cette situation, afin qu'il soit plus stable, & qu'il donne moins de prise au vent. Il est attaché en-haut par sa pointe; mais la ficelle se divise à une certaine distance du morceau de bois en deux branches; l'une est celle qui est fixée au haut du triangle, & l'autre vient se rendre au bas, & est retenue par une cheville qui a la liberté de se dégager, lorsqu'on fait un plus grand effort sur la ficelle, & qu'on veut après l'expérience, retirer le Loch à bord du Vaisseau.

73. Il n'est pas à propos que la cheville dont nous venons de parler, entre dans le bas même du triangle; car étant tirée quelquefois trop obliquement, il pourroit arriver qu'elle ne se dégageât pas assez vite, ce qui exposeroit la ficelle à se rompre, lorsqu'on tire le Loch à foi. La cheville entre dans un petit morceau de bois, qui est lui-même attaché au bas du triangle par une portion de ficelle: de cette sorte le petit morceau de bois & la cheville tirés selon leur longueur, se séparent avec plus de facilité. Toute cette disposition est cause que le triangle de bois, en se situant debout dans la Mer, offre pendant l'expérience une grande surface au choc de l'eau, & qu'il conserve mieux sa stabilité; il suffit d'un autre côté, aussi-tôt que l'expérience est finie, d'employer un peu de force, pour que la cheville dont nous parlons, se dégage, & pour que le triangle approche du Navire en présentant sa pointe.

74. On ne fait durer ordinairement l'expérience que 30 secondes ou une demie-minute. Il est à propos que le Pilote ne perde pas de vûe le morceau de bois du Loch, afin qu'il se règle plus aisément, en lâchant la ficelle qui doit être tendue, mais qui ne doit pas l'être trop. Cette ficelle fait un grand nombre de tours sur une espèce de dévidoir qu'on fait tourner plus ou moins vite, selon que l'exige le mouvement plus ou moins rapide du fillage. On ne fait pas commencer les 30 secondes que doit du-

fer l'expérience, dans le même instant qu'on jette le morceau de bois à la Mer; on attend qu'il soit éloigné de la poupe d'environ une longueur du Navire; on veut qu'il soit tout-à-fait hors de cette eau extrêmement agitée que le Vaisseau laisse derrière lui, & qu'on nomme *le Remoux*. Il y a une marque sur la ficelle pour terminer cette longueur; & c'est lorsqu'on y parvient, qu'on commence à compter les 30 secondes, ou qu'on tourne le petit Sablier qui doit être d'une demie-minute.

75. La ficelle est divisée en plusieurs parties égales qu'on distingue par des nœuds, afin qu'on puisse même les compter pendant l'obscurité de la nuit. Il y a un nœud à la fin du premier espace, deux nœuds à la fin du second, trois nœuds à la fin du troisième, &c; & chacun de ces espaces est exactement la 120^{me} partie d'un tiers de lieue marine. Ainsi les nœuds ou espaces, que le Navire parcourt pendant l'expérience, répondent à autant de tiers de lieue parcourus dans une heure. Si le Navire ne fait qu'un espace ou deux espaces pendant la demie-minute, il fera 120 fois plus de chemin dans une heure, & ce sera donc un tiers de lieue, ou deux tiers de lieue. Si on est obligé de filer 9 ou 10 nœuds, on sçaura de même qu'on fait 3 lieues par heure, ou 3 lieues & un tiers.

76. Nous avons ci-devant (N^o. 31.) fixé le tiers de la lieue marine à 950 toises du Châtelet de Paris, ou à 5700 pieds de Roy. Si l'on en prend la 120^{me} partie, il viendra 47 pieds & demi. Il faut donc donner cette longueur précise aux parties de la ficelle du Loch, ou aux intervalles qui séparent ses nœuds. Il est incontestable qu'on ne doit les rendre ni plus longs ni plus courts, lorsqu'on veut exprimer le sillage du Navire en tiers de lieue, & en faire durer l'expérience qu'une demie-minute. Toute autre longueur des parties de la ficelle ne s'accorderoit ni avec la grandeur qu'a le degré terrestre, ni avec la durée précise de la demie-minute, qui est déterminée par le nombre d'heures qu'il y a dans un jour, & par les 60

minutes dans lesquelles on a partagé l'heure. Nous avons rapporté dans le premier Livre (N°. 76.) la manière de faire un Pendule simple qui marque exactement les secondes de tems par ses oscillations ou balancemens. On ne peut pas s'en servir à la Mer dans toutes les occasions ; mais c'est assez qu'on puisse , en l'employant quelquefois , vérifier de tems en tems si les Sabliers conservent toujours leur même état.

I I.

*De l'Imperfection du Loch construit par
la méthode précédente , avec le moyen
de corriger cet Instrument.*

(Voyez les Figures 48 , 49 & 50.)

77. Quelque soin qu'on apporte dans la construction du Loch que nous venons de décrire , cet instrument ne peut donner que le mouvement particulier du Navire , par rapport à la Mer. On suppose que le morceau de bois qu'on prend pour terme , est parfaitement immobile ; mais si la Mer est elle-même sujette à se mouvoir , si elle avance vers un certain côté , son mouvement se communiquera au Loch de même qu'au Navire ; ainsi on ne trouvera , en se servant de cet instrument , que le surplus de la vitesse du sillage sur celle de la Mer , si les deux mouvemens se font dans le même sens ; & on aura au contraire leur somme , s'ils se font dans des sens opposés.

78. On sçait par plusieurs observations sûres , que la Mer dans la Zone Torride se meut vers l'Occident , & qu'elle forme un courant continuel qui fait dans le milieu de l'Océan 2 ou 3 lieues par jour & même davantage. Si l'on singe donc vers l'Ouest dans ces endroits où il y a un mouvement continuel , & qu'on se serve du Loch pour mesurer la marche du Navire , on ne trouvera que la quantité dont on avance plus vite que la Mer , puisqu'on ne

comptera pas le mouvement que reçoit secrètement le Loch. Si l'on fait route au contraire vers l'Est en allant contre le courant, on croira faire plus de chemin qu'on n'en fait effectivement; parce que sans le sçavoir on ajoutera à la vitesse réelle du Navire, celle de la Mer qui entraîne le Loch, & qui l'éloigne du Vaisseau.

79. J'ai vû des Pilotes qui ne faisant pas attention au mouvement vers l'Occident qu'ont les eaux de l'Océan dans la Zone Torride, avoient changé les divisions de leur Loch, ou altéré la durée de leur Sablier. Lorsqu'ils alloient d'Europe aux Isles de l'Amérique, & qu'ils mettoient entre les nœuds de leur ficelle 47 pieds & demi, comme il le faut absolument, il leur étoit toujours arrivé de découvrir la Terre plutôt qu'ils ne s'y attendoient. Ils croyoient donc que leur Loch étoit mal divisé, & que les nœuds en étoient trop éloignés les uns des autres: ils en diminueoient ensuite les intervalles, afin d'en pouvoir compter un plus grand nombre, & d'être en droit de supposer avoir fait un plus grand nombre de lieues. Mais ils tomboient dans une erreur qui n'étoit pas excusable, faute de sçavoir qu'il falloit ajouter au chemin que le vent leur faisoit faire, le mouvement secret que la Mer leur communiquoit de plus, & qu'elle communiquoit aussi au Loch: mouvement qui pouvoit être, comme je l'ai dit, de plus de 3 lieues par jour. Lorsque ces Pilotes revenoient de l'Amérique, ils ne s'appercevoient pas de leur mécompte; parce qu'on prend toujours un autre chemin pour le retour. On sort promptement de la Zone Torride en dirigeant la proue vers le Nord, & on trouve des vents variables qui obligent à changer souvent de routes.

80. « Pour éclaircir ce que nous venons de dire, sup-
posons que AB (Fig. 48.) représente le mouvement
que reçoit le Navire A par l'effort du vent, pendant l'ex-
périence du Loch; & que dans le même tems la Mer
soit sujette à un mouvement qui la transporte de A en C ,
selon la direction AC . Le Navire obéit aux deux mou- »

Fig. 48. 49.
& 50.

Fig. 48. 49.
& 50.

» vemens : il ne suivra pas la ligne AB , parce que le cou-
 » rant que forme la Mer selon AC , & selon une infinité
 » d'autres lignes paralleles, l'en empêche ; & il ne suivra
 » pas non plus AC , comme s'il n'étoit livré qu'à l'action
 » du courant, puisque le vent lui communique du mou-
 » vement selon AB . Pour avoir la route réelle du Navire,
 » il faut achever le parallelograme $ABGC$, & tirer la
 » diagonale AG ; le Navire en partant du point A , sui-
 » vra AG , & il parviendra dans les points K, L, G dans
 » le même tems qu'il seroit parvenu aux points E, F & B ,
 » & que l'eau qui l'environnoit en A , parviendra en H ,
 » en I & en C .

81. » Mais fervons-nous du Loch dans cette suppo-
 » sition pour mesurer la vîtesse du sillage. Le morceau
 » de bois qu'on prend pour terme, & qu'on s'imagine
 » mal-à-propos être immobile, parcourra AC en rece-
 » vant le mouvement du courant. Il arrivera dans les points
 » H, I & C dans le même tems que le Navire arrivera
 » dans les points K, L & G .

82. » Ainsi la ficelle sera tendue successivement sur
 » HK , sur IL & sur CG ; & on croira qu'elle sera tou-
 » jours restée dans la même place, parce qu'elle aura tou-
 » jours la même situation par rapport au Vaisseau, & qu'elle
 » sera toujours dirigée sur le même rumb. La trace que
 » le Navire laisse derrière lui, & qu'on nomme la *Hoïa-*
 » *che*, aura été transportée de AE en HK par le cou-
 » rant, lorsque le Navire sera parvenu en K ; elle aura
 » été transportée de AF en IL , lorsque le Navire sera
 » arrivé en L , & elle se trouvera dirigée sur CG , lorsque
 » le Navire sera en G . On la croira immobile, de même
 » que le morceau de bois du Loch, qui est néanmoins
 » transporté de A en C . Enfin on prendra la longueur CG
 » de la ficelle pour le chemin du Navire, & on croira que
 » le sillage s'est fait sous cette direction, quoique le transf-
 » port réel se soit fait sur AG , & que ce soit cette ligne
 » qu'on ne connoît pas, qui est le chemin effectif.

83. Il est évident que selon que la direction AC du « courant sera différemment située par rapport à la route « primitive AB , la diagonale AG qui représente le trans- « port actuel du Navire, deviendra plus ou moins longue. « Si l'angle BAC étoit encore plus obtus, le courant se « trouvant plus directement contraire à la route AB du « Vaisseau, y apporteroit une plus grande diminution, en « rendant encore plus court le chemin actuel AG . Ce se- « roit le contraire si l'angle BAC étoit aigu : le courant « favoriseroit alors la marche du Navire, & se joindroit « à AB pour rendre AG plus grande. Malheureusement, « si on excepte quelques endroits où on a pû faire de fré- « quentes observations, on ne sçait en Mer ni la direc- « tion du courant ni sa vitesse ; & on porte inutilement la « vue autour de soi pour tâcher de les découvrir. Tout ne se « meut pas ; mais tout paroît se mouvoir ; & il n'est pas aisé « de démêler dans cette apparence ce qu'il y a de réel. «

84. Je crois qu'il n'y a pas de moyen de lever cette « difficulté, si le courant s'étend en-bas jusqu'à une grande « profondeur. Mais si le mouvement n'est que superficiel, « s'il ne s'étend en-bas que de 50 ou 60 pieds, comme cela « doit arriver ordinairement, parce que la plupart des cau- « ses qui agissent sur la Mer, sont extérieures & n'ont d'ac- « tion que sur la surface, nous pourrons en changeant quel- « que chose dans la construction du Loch, chercher dans « la Mer même le point fixe dont nous avons besoin. «

85. Supposons que le morceau de bois BAC (Fig. 49.) « au lieu d'être chargé comme à l'ordinaire par en-bas d'un « morceau de plomb, soutienne par la ficelle AG le « corps GH qui descende assez bas pour se trouver dans « une eau parfaitement tranquille : il est certain que ce « corps par la difficulté qu'il trouvera à traverser un mi- « lieu qui résiste, empêchera le morceau de bois BAC de « céder aussi aisément à l'impression du courant, & que le « Loch sera moins défectueux. Pour achever de décrire le « nouvel instrument, la ficelle GA fera une continuation «

Fig. 49.

» de celle *AOE* qui se rend au Vaisseau vers *E*. Cette fi-
 » celle traversera le morceau de bois *BAC*, qui sera percé
 » de haut en bas, & qui sera à demi-creux par-dessous.
 » Lorsque l'expérience sera achevée, & qu'on fera effort
 » dans le Navire pour tirer le Loch, la partie de ficelle
 » *CD* se séparera, & aussi-tôt le corps *GH* viendra se
 » loger en partie dans le morceau de bois *BAC* avec le-
 » quel il se rendra à bord. On fera dans le tems de l'expé-
 » rience descendre le corps *GH* de 40 ou 50 pieds: mais
 » il sera quelquefois à propos de le faire descendre plus
 » bas, pour voir si l'on trouve toujours le même résultat.
 86. » Il est vrai qu'il faudroit que la surface du corps
 » inférieur fût infiniment grande pour que l'instrument re-
 » stât exactement en repos. Mais si on est obligé de ne
 » donner qu'une certaine grandeur au corps inférieur,
 » on peut au moins mettre une proportion constante entre
 » les deux surfaces, & faire en sorte que le Loch ne pren-
 » ne toujours qu'une certaine partie connue de la vitesse
 » qu'à la Mer en haut. Je crois qu'on pourroit donner tou-
 » jours une figure conique au morceau de bois *BAC*, ou
 » celle d'un pain de sucre dont les côtés fussent parfaite-
 » ment droits. On feroit ces côtés de 6 pouces de lon-
 » gueur, & le diamètre de la base de 3 pouces. Quant au
 » corps *GH*, on le formeroit de deux morceaux quarrés
 » de tole ou de fer noir, qui seroient égaux, & qui se
 » couperoient perpendiculairement par leur diagonale;
 » & on leur donneroit 9 pouc. $8\frac{1}{2}$ lignes de côté. Comme
 » le corps *GH*, avec aussi peu de poids qu'on voudroit,
 » présenteroit ensuite une assez grande surface à l'eau
 » tranquille, le Loch ne prendroit qu'une petite partie
 » de la vitesse du courant; & il est facile de s'assurer
 » qu'il n'en prendroit guère que la cinquième partie.
 87. » Ainsi il faudroit toujours continuer à se servir du
 » Loch ancien, afin de le comparer avec le nouveau;
 » excepté dans les endroits où il y a peu de fond, & où
 » on pourroit faire descendre le corps *GH* jusqu'en bas

pour s'y reposer. Dans ces endroits le Loch se trouve-
 roit comme à l'ancre, il seroit parfaitement immobile, &
 il donneroit, lorsqu'on l'emploieroit seul, le vrai sil-
 lage. Mais en pleine Mer la comparaison des deux Lochs
 seroit indispensable. Cependant on ne seroit pas obligé
 de faire un plus grand nombre d'expériences qu'à l'ordi-
 naire. On emploieroit les deux instrumens alternative-
 ment de demie-heure en demie-heure, ou d'heure en
 heure, selon que la rapidité du sillage seroit plus ou moins
 sujette à changer. Le Loch ancien prend toute la vitesse
 du courant; au lieu que le nouveau Loch n'en pren-
 droit que la cinquième partie. Il n'y auroit donc qu'à
 voir combien il y auroit de différence entre les deux
 quantités qu'ils fourniroient. Cette différence seroit les
 quatre cinquièmes de la vitesse du courant, & il suffi-
 roit par conséquent d'en prendre le quart, pour avoir la
 petite correction qu'il faudroit appliquer au résultat four-
 ni par le nouveau Loch.

88. Supposé que le Loch ancien donnât 7 nœuds, &
 que le nouveau en donnât 9; la différence seroit de 2
 nœuds, dont le quart seroit un demi-nœud, qu'il fau-
 droit ajouter dans le cas présent, mais qu'il faudroit souf-
 traire, si le nouveau Loch donnoit moins que l'autre.
 On auroit de cette sorte pour le sillage réel 9 nœuds &
 demi, qui valent 3 lieues & un sixième par heure. Cette
 vitesse ne seroit pas celle que le navire auroit dans le
 tems de chaque observation, mais dans le milieu de leur
 intervalle; ce qui reviendrait parfaitement au même.

89. On peut trouver par cette même Méthode la di-
 rection du courant, pourvu qu'on se donne la peine de
 faire une figure, ou de résoudre un triangle par le cal-
 cul. D'une manière ou d'autre, on déterminera en même
 tems le sillage du Navire avec plus d'exactitude que par
 l'opération précédente, que nous croyons néanmoins
 suffisante dans la Pratique. La route que suivroit le Vais-
 seau, s'il n'étoit pas exposé à l'action du courant, est

Fig. 50.

» marquée par la ligne AB (Fig. 50.); c'est aussi la trace
 » ou la *hoüache* du Navire. La ligne AC est l'espace par-
 » couru par le courant, pendant que le Navire mû par le
 » vent & par ce même courant, parcourt réellement la
 » diagonale AG du parallélograme $ABGD$. Le Loch
 » ancien, comme nous l'avons vû, passe de A en C , &
 » sa ficelle prend la situation GC ; au lieu que le nouveau
 » Loch qui est retenu par la résistance que fait à son mou-
 » vement l'eau tranquille d'en-bas, ne parcourt que AN
 » qui est la cinquième partie de AC , & sa ficelle se di-
 » rige selon NG .

90. » Il est facile pendant les deux expériences d'exa-
 » miner la direction des ficelles avec un compas de va-
 » riation; la différence des deux rumbes donnera l'angle
 » CGN ; & on connoîtra en même tems les deux côtés
 » CG & NG , puisqu'ils seront exprimés par le nombre
 » de nœuds fournis par les deux Lochs. Il ne restera donc
 » plus qu'à faire une figure exacte qui représente le trian-
 » gle CGN : on fera l'angle en G , tel qu'on l'a trouvé;
 » & on donnera aux deux côtés GN & GC autant de
 » parties égales qu'on a trouvé de nœuds dans chaque ex-
 » périence. Ce triangle étant formé, on prendra le quart
 » de CN ; & l'ajoutant depuis N jusqu'en A , on aura AC
 » pour la vitesse du courant & pour sa direction: de mê-
 » me que si l'on tire AG , on aura la vitesse & la route
 » actuelles du Navire.

91. » Nous jugeons de la grandeur de l'angle CGN
 » par l'angle que font ensemble les directions des lignes
 » ou ficelles des deux Lochs: c'est ce qui est très-permis,
 » quoique le vent fasse prendre à ces ficelles une cour-
 » bure considérable; car on peut supposer qu'il agit à
 » peu près autant dans un cas que dans l'autre. On peut
 » aussi dans la Pratique se contenter d'augmenter d'un
 » quart l'angle CGN , pour avoir l'angle CGA . On aura
 » dans ce dernier angle, la quantité dont il faut corriger
 » la route apparente CG , donnée non pas par la ficelle
 » du Loch ancien, mais plutôt par la trace ou la *hoüache*

du Navire; & on sçaura de quel côté il faut faire la correction par la situation que prend la ficelle du Loch nouveau. Si le Nord est vers le haut de la figure, & que la trace GC considérée du Vaisseau, reste au SO , la route apparente sera le NE ; & si l'angle CGN est de 4 degrés, l'angle total CGA fera de 5, qu'il faudra porter du côté du Sud. On aura le $SO 5^d S$ pour la direction de GA ; mais comme le Navire va de A vers G , sa route réelle sera le $NE 5^d N$, qui est directement opposé au $SO 5^d S$. «

III.

Méthode de déterminer la Vitesse du Sillage par la force de l'Impulsion de l'Eau.

(Voyez les Figures 51. & 52.)

92. On peut encore juger de la vitesse du Navire par le choc que fait l'eau de la Mer sur une surface d'une grandeur déterminée. Ce moyen s'est présenté à plusieurs Méchaniciens qui l'ont proposé; je vais expliquer le plus succintement que je pourrai comment je voudrois l'employer. Si on retient par une corde un boulet ou quelqu'autre corps parfaitement rond, & qu'on le fasse descendre dans la Mer, il est certain que plus le Navire singlera avec vitesse, plus l'impulsion que recevra ce Globe par la rencontre de l'eau, sera grande. Il est à propos que ce corps descende assez bas pour n'être point sujet au choc irrégulier du courant: lorsqu'il parviendra à l'eau tranquille, toute l'impulsion qu'il recevra, ne sera causée que par la vitesse avec laquelle il sera entraîné par le Vaisseau. Je marque cy-après dans une Table, les vitesses du Sillage, qui répondent aux impulsions que peuvent recevoir des Globes de deux grandeurs différentes, l'un de 6 pouces de diamètre, & l'autre d'un pied. Les vitesses sont marquées en dixièmes parties de lieue que le Navire doit parcourir «

Fig. 51. & 52. » dans une heure. Si, par exemple, l'impulsion que reçoit le Globe d'un pied de diamètre, est de $42\frac{1}{2}$ livres, on trouvera dans la Table que le Navire fait 2.0 lieues par heure, c'est-à-dire 2 lieues justes. Si cette impulsion étoit de 131 livres, le Navire feroit 3.5 lieues, c'est-à-dire 3 lieues & 5 dixièmes, ou trois lieues & demie. »

TABLE des Impulsions de l'eau produites par les différentes vitesses du Sillage.

93.

Impulsions sur un globe de 6 pouces de diamètre.	Impulsions sur un globe de 12 pouces de diamètre.	Vitesses du Sillage.	Impulsions sur un globe de 6 pouces de diamètre.	Impulsions sur un globe de 12 pouces de diamètre.	Vitesses du Sillage.
Livres.	Livres.	Dixième de lieues.	Livres.	Livres.	Dixième de lieues.
$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{8}$	0.1	18	72	2.6
$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{4}$	0.2	$19\frac{1}{3}$	78	2.7
$\frac{1}{8}$	1	0.3	21	84	2.8
$\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{4}$	0.4	$22\frac{1}{2}$	90	2.9
$\frac{1}{2}$	2	0.5	24	96	3.0
1	4	0.6	$25\frac{2}{3}$	103	3.1
$1\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{4}$	0.7	27	109	3.2
$1\frac{1}{2}$	7	0.8	29	116	3.3
2	$8\frac{1}{2}$	0.9	$30\frac{2}{3}$	124	3.4
$2\frac{1}{2}$	$10\frac{1}{2}$	1.0	$32\frac{2}{3}$	131	3.5
3	13	1.1	$34\frac{1}{2}$	139	3.6
4	15	1.2	$36\frac{1}{2}$	146	3.7
$4\frac{1}{2}$	18	1.3	38	153	3.8
$5\frac{1}{4}$	21	1.4	$40\frac{1}{2}$	162	3.9
6	24	1.5	$42\frac{1}{2}$	170	4.0
7	27	1.6	45	179	4.1
$7\frac{2}{3}$	31	1.7	47	188	4.2
$8\frac{1}{2}$	$34\frac{1}{2}$	1.8	49	197	4.3
$9\frac{1}{2}$	38	1.9	$51\frac{1}{3}$	206	4.4
$10\frac{1}{2}$	$42\frac{1}{2}$	2.0	53	213	4.5
12	47	2.1	56	224	4.6
13	$51\frac{1}{2}$	2.2	$58\frac{1}{2}$	234	4.7
14	56	2.3	$60\frac{2}{3}$	244	4.8
15	61	2.4	63	254	4.9
$16\frac{1}{2}$	66	2.5	66	265	5.0

94. » Toute la difficulté se réduit après cela à mesurer le choc de l'eau contre le Globe. On peut dans le Vaisseau peser l'effort total que soutient la corde à laquelle le corps est attaché ; mais cet effort est formé de plusieurs efforts particuliers qu'il faut séparer les uns des autres. L'eau frappe non-seulement le Globe, elle frappe la corde qui le soutient ; outre cela le Globe doit avoir une pesanteur considérable , & il n'est pas peut-être même permis de négliger celle de la corde. Si on attache au bras d'une balance l'extrémité d'en-haut de cette corde , ou si l'on pouvoit se servir d'un peson d'Allemagne, on trouveroit tous ces efforts confondus ensemble. Pour prendre une notion plus distincte de l'état de la question, je considère la *Figure 51*. Le Globe *P* est plongé de 40 ou 50 pieds dans la Mer ; il est censé parvenir à l'eau tranquille. Ce Globe est retenu par la corde *CBA* qui doit se courber en différens sens, avant que d'entrer dans le Vaisseau en *A*. Pendant que le Globe frappe l'eau à cause du mouvement du Navire , & qu'il est repoussé dans le sens horizontal , sa pesanteur tend à le faire descendre ; & ce sont ces deux efforts ensemble qui régissent la situation inclinée de la corde vers *C*. Toute la partie submergée *CB* de la corde est frappée par l'eau , & c'est ce qui lui fait prendre une courbure considérable. En *B* la corde commence à se courber dans un autre sens , à cause de sa pesanteur qui n'est plus soutenue.

95. Il suit de tout cela que la corde a différente inclinaison dans tous ses points , & que toutes ses parties sont aussi différemment chargées. Nous pouvons en haut examiner fort aisément sa situation par rapport à l'Horizon , ou par rapport à un fil à plomb. Il ne sera pas impossible non plus de peser l'effort qui s'exerce en haut selon sa longueur. Il faudra avoir la précaution de changer la direction de cette corde par le moyen d'une poulie , afin de la rendre perpendiculaire au bras de la balance ou de la Romaine auquel on l'appliquera. Enfin

Fig. 51. & 52.

» on doit avoir cherché la pesanteur du Globe dans l'eau ;
 » & on peut chercher également le poids qu'y a la fi-
 » celle , supposé qu'on ne puisse pas réussir à lui donner la
 » même pesanteur spécifique qu'à l'eau de Mer ; ce qui
 » rendroit le reste de l'opération beaucoup plus simple.

96. » On tirera après cela une ligne droite GM (Fig.
 » 52.) pour représenter l'Horison ou la ligne de niveau ;
 » & une autre ligne GN qui lui soit perpendiculaire, pour
 » représenter la situation du fil à plomb. On tirera GO
 » qui ait la même obliquité par rapport à ces lignes , que
 » la corde ABC (Fig. 51.) lorsqu'elle entre en A dans
 » le Navire. On prendra ensuite sur une échelle de par-
 » ties égales autant de parties que l'effort qui s'exerce sur
 » la corde , & qu'on a pesé , contient de livres. On fera
 » GO de ce nombre précis ; & on pourra se contenter ,
 » si l'on veut , de rendre les côtés de la figure deux ou
 » trois fois plus grands que ceux de la figure que nous
 » mettons sous les yeux des Lecteurs. On achevera le re-
 » ctangle $MGN O$; & retranchant NQ qu'on rendra
 » égale à la pesanteur de la partie (BA) de la corde qui
 » est hors de l'eau , on tirera la parallèle QR à NO ou à
 » GM , & conduisant la diagonale GR , on aura la situa-
 » tion qu'à la corde en B dans l'endroit où elle sort de
 » l'eau , en même tems que cette diagonale exprimera
 » aussi l'effort qui s'exerce en B le long de la corde. Il ne
 » restera plus après cela , si la corde est de même pesan-
 » teur spécifique que l'eau de Mer , qu'à prendre GS pour
 » représenter la pesanteur du Globe dans l'eau : on tirera
 » ST parallèlement à NO , & transportant GR en GT ,
 » il viendra GT pour la situation qu'à la corde en C au-
 » près du Globe ; & ST exprimera en même tems l'effort
 » que souffre le Globe par la rencontre de l'eau. Ainsi c'est
 » la valeur de ST qu'il faudra chercher dans la Table in-
 » sérée ci-dessus , pour avoir la vitesse du Navire.

97. » Nous nous proposerons l'exemple suivant , afin
 » de jetter un plus grand jour sur toute l'opération. Nous
 » proposerons

supposons qu'on se sert d'un Globe d'un pied de diamé- « tre, & qu'il pese dans l'eau 64 livres; c'est-à-dire que « dans l'air il en pesoit un peu plus de 101, & qu'il a perdu « dans l'eau de Mer un peu plus de 37 livres. La corde est « de même pesanteur que l'eau, sa partie *AB* qui est hors « de la Mer pese $\frac{1}{2}$ livre: elle forme avec le fil à plomb un « angle de 60 degrez & de 30 degrez avec l'Horison; & « enfin l'effort total qu'elle fait sur la balance est de 80 liv. « Nous demandons quelle est l'impulsion de l'eau sur le « Globe? »

Fig. 51. 52.

98. En formant le triangle-rectangle *GNO*, on fera « l'angle *NGO* de 60 degrez, & on fera l'hypothénuse « *GO* de 80 parties pour représenter les 80 livres d'effort « pesé dans le Navire. On retranchera de *GN* une demie « partie pour la pesanteur de la portion de corde *AB*. On « aura *GQ* de $30\frac{1}{2}$ parties; & la diagonale réduite *GR* sera « d'environ $79\frac{3}{4}$. On la transportera en *GT* pour la faire « convenir avec *GS* qu'on fera de 64 parties pour repré- « senter le poids du Globe dans l'eau. Mesurant ensuite le « côté *TN*, on le trouvera de $47\frac{1}{2}$ parties; ce qui nous « apprend que l'impulsion de l'eau sur le Globe est de $47\frac{1}{2}$ « livres, & que la vitesse du Navire est de 2. 1 lieues, ou de « 2 lieues & un dixième. »

99. Si l'on examine avec la Bouffole ou avec un Com- « pas de variation la direction que prend la corde pendant « l'expérience, on aura plus exactement, que par aucune « autre méthode, le rumb de vent que suit le Navire. Il « faut néanmoins toujours pour cela que le boulet soit as- « sez descendu dans l'eau; il sera facile de s'en assurer, « en le faisant descendre encore davantage. L'effort me- « suré dans le vaisseau ne sera plus le même, & la situa- « tion de la corde, quant à son inclination, deviendra aussi « différente; mais l'opération doit toujours donner à la fin « le même triangle *GST*, si le Globe est plongé dans « l'eau tranquille. On peut, pour former les triangles avec « plus de facilité, se servir d'un instrument qui est entre «

Fig. 52.

» les mains de tous les Pilotes; & sur lequel on trouve
 » tracés tous les triangles-rectangles possibles qui ont pour
 » côtés des lignes droites. Cet instrument se nomme le
 » *Quartier de Réduction*, & on peut l'employer aussi pour
 » mesurer l'inclinaison de la corde à son entrée dans le
 » Navire. Il y a un fil attaché au centre du quartier, qui
 » peut devenir un fil à plomb.

100. » Lorsque la pesanteur de la corde ne sera pas éga-
 » le à celle d'un pareil volume d'eau de Mer, la méthode
 » ne sera pas tout-à-fait si précise, & il faudra avoir re-
 » cours à une espèce d'approximation. On a besoin de
 » sçavoir combien pèse dans l'eau, non pas toute la corde,
 » mais une partie de sa longueur égale à BF ou DP , qui
 » est la quantité dont le Globe est au-dessous de la sur-
 » face de la Mer. La ligne GR dans la *Figure 52*, repré-
 » sente la situation de la corde au point R , & GT sa si-
 » tuation au point C . Il n'y a qu'à prendre le milieu entre
 » ces deux différentes situations ou inclinaisons; & en
 » former un triangle qui ait pour hypoténuse la pesan-
 » teur qu'a la partie BC de la corde dans l'eau; le côté
 » du triangle qui sera situé selon la ligne à plomb, don-
 » nera la pesanteur qu'auroit la corde si elle étoit réduite
 » à la longueur DC ou BF . Or il faut retrancher de GR
 » cette pesanteur, si la corde pèse plus que l'eau; & il faut
 » au contraire ajouter cette pesanteur à GR si la corde
 » pèse moins que l'eau, avant que de transporter GR en
 » GT , pour former le dernier triangle GST . »



CHAPITRE IV.

De la Construction des Cartes Marines & de leurs Usages.

101. **C**ONNOISSANT toutes les circonstances de notre route, nous pouvons tracer sur la Carte le chemin que nous avons fait. Mais avant que de traiter de cette opération & de toutes les autres que les Pilotes comprennent sous le nom de *Pointer* ou de *Compasser* la Carte, nous croyons qu'il est à propos d'insister un peu sur la nature même des Cartes Marines ou Hydrographiques, & d'expliquer la distinction qu'il y a entre celles qu'on nomme *Plates*, & celles qu'on nomme *Réduites*, à cause de leurs différentes constructions.

I.

De la Nature des Cartes plates.

102. Les Cartes plates sont les premières dont les Marins se soient servis : elles leur furent mises entre les mains par le Prince Henri Duc de Viseo, qui étoit fils de Jean, premier du nom, Roi de Portugal. On les nomme plates, parce que la partie du Globe qu'elles représentent, est supposée n'avoir pas de courbure sensible. On s'en sert encore à présent, quoiqu'il fût beaucoup meilleur de leur préférer toujours les Cartes réduites. Les Méridiens ou les lignes Nord & Sud, sont marqués par des lignes parallèles dans les premières ; au lieu que sur la terre, comme nous l'avons vu, les Méridiens vont se rencontrer aux deux Poles, en s'approchant les uns des autres, à mesure qu'on s'éloigne de l'Equateur.

103. Si l'on mesure dans la Carte de la Manche qu'on

trouvera à la fin de ce Livre, combien il y a de distance entre les deux Méridiens qui la terminent d'un côté & de l'autre, on trouvera également 101 ou 102 lieues, en haut comme en bas, quoiqu'il dût y avoir en haut environ 6 lieues de moins. Plus la Carte plate a de hauteur ou d'étendue du Nord au Sud, plus elle est défectueuse. Son imperfection est encore plus grande, si la partie du Globe qu'elle représente est par une plus grande latitude : car alors le Pole est plus voisin, & les Méridiens différent donc davantage d'être parallèles. On sentit ce défaut aussi tôt qu'on commença à se servir des Cartes plates, mais ce ne fut qu'après de longues tentatives qu'on réussit à y trouver la correction nécessaire.

I I.

Des Lignes courbes que les Rumbs de vent suivent sur le Globe, & de la Forme qu'on a été obligé en conséquence de donner aux Cartes réduites.

(Voyez la Figure 53.)

104. Il semble qu'on pouvoit corriger le principal défaut des Cartes plates, en continuant de leur faire comprendre une assez petite étendue de la surface du Globe, mais en donnant aux Méridiens la situation qu'ils ont effectivement sur la Terre. Supposé que le Pole fût compris dans la Carte, elle prendroit la forme de la Figure 53, où toutes les lignes Nord & Sud vont se rencontrer au point *P*. Mais il naît une incommodité considérable de cette construction : les rumbs de vent sont marqués par des lignes courbes ; & il est non-seulement difficile de les suivre sur la Carte, il n'est pas aisé non plus de mesurer les distances le long de ces lignes courbes. Si en partant du point *A*, on court au Nord-Est, on parcourra une

partie de la ligne courbe *AGIZ* qui fait une infinité de révolutions autour du Pole avant que d'y parvenir. L'Est-Nord-Est marche en dehors ; il est marqué par *ASTV* ; & il fait de plus grandes révolutions autour du Pole ; mais il s'y rend comme tous les autres rumb de vent. C'est le long de ces lignes courbes sur la Carte qu'il faudroit mesurer le chemin fait par le Navire dans les routes obliques.

Figure 53.

105. Les rumb de vent ne peuvent pas manquer d'être représentés par des lignes courbes ; car chacun de ces rumb fait toujours un angle égal avec tous les Méridiens qu'il coupe. Le Nord-Est fait au point *A* un angle de 45 degrez avec la ligne Nord & Sud *AP* : mais lorsqu'on arrive en *F*, l'aiguille de la Bouffole ne prend pas une direction parallele à celle qu'elle avoit dans le point *A* ; elle se place ou se dirige sur *BFP* ; car elle indique toujours le Méridien pour l'endroit où l'on est. Ainsi la ligne du *NE* iouffrira une inflexion en *F*, pour faire un angle de 45 degrez avec la ligne Nord & Sud *FP*. La même chose se fera en *G*, en *H*, en *I*, &c. A chaque pas que nous faisons, l'aiguille aimantée se détourne, & le rumb de vent du *NE*, en se détournant aussi, pour faire toujours un angle de 45 degrez avec le Méridien, doit donc former une ligne courbe *AGIZ*, qui ne fera pas un cercle, mais qui fera une infinité de tours de plus petits en plus petits, en approchant du Pole *P*.

106. Ce doit être la même chose de tous les autres rumb de vent. Si au lieu de suivre exactement l'Est, on suivoit l'Est 1 degre Nord, ou l'Ouest 1 degre Nord, chaque révolution qu'on feroit autour du Pole, ne produiroit guère d'augmentation en latitude ; on n'avanceroit que très-peu vers le Nord, mais néanmoins la route ne seroit pas un cercle, elle souffriroit un nouveau détour à la rencontre de chaque Méridien ; & après un nombre infini de révolutions, elle se termineroit au Pole ; elle se termineroit à celui du Nord, parce que la route tient du Nord ; & elle iroit de la même manière se rendre au Pole du Sud, si la route tenoit du Sud.

Fig. 53.

107. Quant à l'Est ou à l'Ouest, lorsqu'on les suit exactement, le cas n'est pas le même. Lorsqu'on les suit, on parcourt un parallèle à l'Equateur, on ne change point de latitude; & après avoir décrit un cercle entier, on revient précisément au point dont on étoit parti. Si lorsqu'on part du point *A* pour aller à l'Est, l'aiguille aimantée ne se détournoit pas sans cesse, on suivroit la direction *AK*; & marchant toujours, pour ainsi dire, en ligne droite, on iroit rencontrer l'Equateur dans un point éloigné de 90 degrez. Mais, l'aiguille aimantée indiquant continuellement le Nord, l'Est change de situation sur chaque Méridien, pour le couper perpendiculairement; & le Pole est comme le centre du cercle qu'on décrit.

108. Il faut remarquer que cette même distinction que nous venons de mettre entre l'Est prolongé en ligne droite par rapport à un point, & l'Est décrit actuellement en se servant de la Boussole, a lieu à l'égard de tous les autres rums de vent. Lorsqu'on est en *A*, l'objet *R* qui est une montagne ou un cap fort élevé, paroît au *NE*. Cette direction n'est autre chose pour le point *A* que le *NE* prolongé comme en ligne droite: mais lorsqu'en partant du point *A*, on suivra effectivement le *NE*, les diverses situations que la Boussole doit prendre, à cause de la propriété qu'elle a de marquer le Nord en chaque endroit, influenceront continuellement sur la route qu'on fera; & au lieu de se rendre au point *R*, on passera plus vers le Pole, en traçant la courbe *AFG*.

109. La courbure des rums sur la terre, leur a fait donner le nom de *Loxodromies*. Il n'y a que les Méridiens ou les lignes Nord & Sud, qu'on ne puisse pas comprendre entre ces lignes courbes; parce qu'en les suivant on se trouve conduit directement au Pole, comme en ligne droite. Il peut paroître défavantageux de suivre dans les routes obliques ces Loxodromies ou lignes courbes plus longues, pendant qu'on pourroit aller au même but par une voie plus courte. Mais on a de bonnes raisons pour

rester très-attaché à l'usage de la Bouffole : d'ailleurs on peut assûrer que le désavantage dont il s'agit, n'a jamais lieu dans la Pratique. Toutes les Mers sont interrompues par des Isles ou par des Continens ; ce qui est cause qu'on est assujetti dans toutes les navigations à changer plusieurs fois de directions, & on en change encore pour chercher les vents favorables, ou pour remplir d'autres vûes particulières. Il arrive donc que chaque portion de la route qui n'est point interrompue, est très-courte, & qu'elle ne diffère guère d'être droite, quoique la Loxodromie entière qu'on traceroit sur le Globe, fût très-courbe.

110. Mais le Pilote se trouveroit jetté dans quelque embarras, s'il lui falloit *compasser* une Carte semblable à celle de la Figure 53 ; s'il lui falloit trouver, par exemple, le rumb qui conduit du point *C* au point *I*. Il est vrai qu'on pourroit imaginer des pratiques pour cela ; mais on a souhaité quelque chose qui fût encore plus simple. Dès qu'on veut que les rumb de vent soient des lignes droites sur les Cartes, on se met dans la nécessité de rendre les Méridiens paralleles entr'eux, & on rend les degrez des paralleles aussi grands que ceux de l'Equateur, quoiqu'ils dussent être plus petits dans toutes sortes de rapports, & se réduire à rien aux deux Poles. Mais il y a une manière de donner à ces mêmes degrez une moindre valeur ; c'est de les mesurer avec une échelle dont les parties soient plus grandes. Voici donc le parti qu'on prend. On fait croître sur la Carte réduite les degrez du Méridien dans le même rapport que les degrez de longitude devroient être plus petits ; & on prend toujours les degrez du Méridien pour la mesure de 20 lieues marines. Les degrez de longitude, ou les degrez des paralleles, se trouvent après cela comme plus petits, à mesure qu'on avance vers le Pole. Il faut considérer la Carte réduite, comme un assemblage de Cartes plates différentes, placées les unes au-dessus des autres, & qui n'ont pas les mêmes échelles de lieues.

Figure 53.

III. Lorsqu'on construit une Carte, on a la liberté de faire l'échelle de quelle grandeur on veut, pourvu qu'on ait soin de garder tous les rapports que doivent avoir entr'elles toutes les parties qu'on se propose de décrire. Or c'est ce qu'on observe exactement dans la Carte réduite, en convertissant en ligne droite le rumb de vent, ou la Loxodromie *AFGI* de la Figure 53. Il est vrai qu'on rend plus grandes toutes les parties *LF*, *MG*, *NH* des parallèles; on les fait égales à celles de l'Equateur: mais on augmente dans le même rapport les parties correspondantes *AL*, *FM*, *GN* &c. des Méridiens, de même que celles de la Loxodromie *AF*, *FG*, *GH*, &c. Ainsi en prenant les parties du Méridien pour échelle, on trouvera les parties de la Loxodromie & les parties des Paralleles de la même grandeur que sur le Globe. Nous pourrions nous dispenser d'ajouter que l'étendue des Mers, des Isles, de toutes les Terres est également augmentée sur la Carte vers les Poles, afin que rapportées à leur échelle, elles aient la grandeur convenable. Les Poles malgré l'extrême étendue qu'ils ont dans la Carte, doivent être aussi réputés des points; & il faut pour cela que les parties du Méridien auxquelles on les compare, soient infiniment augmentées en cet endroit.

III.

Construction des Cartes réduites.

III 2. » Les degrez des Paralleles diminuent de longueur dans le même rapport que les circonférences de ces cercles, & les circonférences diminuent comme les rayons. Mais si on jette les yeux sur la Figure 37, & qu'on fasse attention que tous les Paralleles ont leur centre dans l'intérieur de la terre sur l'axe ou sur le diamètre conduit d'un Pole à l'autre, on verra que les rayons des Paralleles sont les Sinus de complément des latitudes.

des. Le rayon du Parallele GH , par exemple, est le Si-
 nus de l'arc GN qui est la distance du point G au Pole, «
 ou le complément de sa latitude. Ainsi lorsqu'on avance «
 vers les Poles, les degrez des Paralleles diminuent de «
 grandeur, dans le même rapport que les Sinus de com- «
 plément des latitudes. Si on est éloigné de l'Equateur «
 de 60 degrez, on sera éloigné du Pole de 30 degrez; & «
 le Sinus de 30 degrez étant la moitié du Sinus total, «
 la circonférence de ce Parallele sera deux fois plus pe- «
 tite que celle de l'Equateur, les degrez de longitude «
 sur ce Parallele ne seront que de 10 lieues; ils seront «
 deux fois plus petits que ceux de l'Equateur. Mais puis- «
 qu'on doit faire augmenter les degrez du Méridien dans «
 le même rapport, que les degrez des Paralleles devroient «
 être plus petits, & que nous les rendons réellement «
 plus grands, il faut faire croître les degrez du Méridien «
 comme les Sécantes des latitudes, conformément à ce «
 que nous avons vû dans le Livre premier N°. 84. «

II 3. On ne réussiroit pas à graduer assez exactement «
 le Méridien, ou à trouver la grandeur qu'il faut donner «
 à chacun de ses degrez, si on traçoit un quart de cer- «
 cle, pour y prendre successivement toutes les Sécantes. «
 Au lieu de faire l'opération par une figure, on l'a faite «
 par le calcul, & elle est devenue d'une précision in- «
 comparablement plus grande. On ne s'est pas contenté «
 de chercher la grandeur des degrez, on a même cru né- «
 cessaire de chercher celle des minutes; mais il n'a pas «
 été nécessaire d'aller plus loin. Car on peut supposer, «
 sans erreur sensible, qu'une petite partie de la surface de «
 la Mer qui n'a qu'une minute de degré ou un tiers de «
 lieue marine en chaque sens, est exactement plane; & «
 que la petite portion de la Loxodromie qu'elle com- «
 prend, ne souffre aucune flexion. «

II 4. Si on prenoit le Sinus total 100000 pour re- «
 présenter la grandeur de la minute de longitude sur l'E- «
 quateur, il n'y auroit qu'à chercher les Sinus de 89 deg. «

» 59^m, de 89^d. 58^m, de 89^d. 57^m. &c. & on auroit, si
 » on en avoit besoin, la grandeur de la minute sur tous
 » les Paralleles qui se suivent, & qui sont par 1^m, 2^m, 3^m,
 » &c. de latitude. En continuant, on trouveroit 50000
 » pour la grandeur de la minute du Parallele de 60 degrez
 » de latitude, & on auroit des nombres encore plus petits
 » sur les Paralleles plus avancés : ce qui montre que la mi-
 » nute de longitude sur le Parallele de 60 degrez, n'est
 » déjà que d'un demi-tiers de lieue, & que plus vers le
 » Pole, elle est encore plus petite. Mais puisqu'il faut
 » faire augmenter l'étendue des minutes du Méridien dans
 » le même rapport que les minutes des Paralleles dimi-
 » nuent, & qu'il faut pour cela les faire augmenter comme
 » les Sécantes, nous n'avons qu'à prendre toutes les Sé-
 » cantes successives de 1^m, de 2^m, de 3^m, &c. on aura
 » la grandeur qu'il faut donner aux minutes du Méridien
 » dans la Carte réduite. Lorsqu'on sera parvenu à 60 deg.
 » de latitude, les Sécantes seront deux fois plus grandes :
 » ainsi la minute du Méridien ou le tiers de lieue sera re-
 » présenté en cet endroit sur la Carte par de petits espa-
 » ces deux fois plus grands, & la minute correspondante
 » de longitude se trouvera donc comme deux fois plus pe-
 » tite, elle ne se trouvera que d'un demi-tiers de lieue
 » comme sur le Globe. Enfin, si on fait des sommes de
 » 60 en 60 de toutes ces Sécantes, on aura la grandeur
 » qu'on doit donner à chaque degré.

115. » Le calcul sera d'autant plus exact, qu'on n'aura
 » point à craindre d'erreur de la part des fractions, à cause
 » de la grandeur des nombres qu'on emploiera. Ces nom-
 » bres sont 100000 fois trop grands : ainsi pour les rédui-
 » re, il faudra retrancher les cinq premières figures à la
 » droite ; & ce seront celles de la gauche qui marqueront
 » la grandeur fictive qui convient aux degrez du Méridien.
 » C'est de cette sorte qu'on a calculé, en se livrant à un
 » travail qui est un peu long, la Table des *Latitudes croif-*
 » *santes ou réduites*, que nous donnerons dans le dernier

Livre. Cette Table suppose que chaque degré de longitude sur les Paralleles, est de 60 parties, ou est égal à 60 minutes prises sur l'Equateur. Si on veut, par exemple, marquer sur la Carte l'étendue de 40 degrez de longitude, on prend sur une échelle de dixme 2400 parties, qui est le produit de 40 par 60. Mais pour avoir la longueur qu'il faut donner à 40 degrez de latitude sur la Carte réduite, il faut la chercher dans la Table des *Latitudes réduites*, ou *parties méridionales*, & on trouve 2623 parties: ce nombre est la somme de toutes les Sécantes de minute en minute jusqu'à 40 degrez.

II 6. Nous devons cette méthode, de même que l'idée distincte des Cartes réduites à Edouard Wright, le même dont nous avons quelques Observations Astronomiques dans Horroccius. On a souvent attribué cette découverte au fameux Gérard Mercator, quoiqu'il n'ait fait autre chose, qu'e mieux régler dans les Cartes ordinaires la grandeur des degrez des Paralleles. Edouard Wright publia ses Recherches en 1599; son Livre qui a pour titre: *Certaine Errors in Navigation detected and corrected*, & qui contient plusieurs Cartes réduites, fut réimprimé en 1610: cependant on en retira peu de fruit pendant plusieurs années. On voit à la fin des Commentaires de Magin sur la Géographie de Ptolomée, qui furent publiés en 1617, une Carte plate, destinée à l'usage des Navigateurs, mais extraordinairement défectueuse; puisqu'on crut pouvoir y représenter toute la Terre, & que chaque Pole, au lieu d'y être équivalent à un point, y a réellement autant d'étendue que tout l'Equateur. Snellius donna son *Tiphys Batavus* en 1624: ce Livre est écrit d'une manière très-obscur, qui ne nuit pas à la grande réputation que l'Auteur méritoit par ses autres ouvrages. Cette obscurité fut cause, & elle l'est encore tous les jours, qu'on attribue à Snellius une découverte qui ne lui appartient nullement. Cet Auteur supputa avec succès, comme l'avoit déjà fait Wright, le rapport qu'il y a

» a sur le Globe entre les grands arcs de latitude & ceux
 » de longitude, pour toutes les différentes Loxodromies
 » ou les différens rumb de vent. Mais quoiqu'il n'eût qu'un
 » pas à faire, & qu'il lui suffisoit de considérer sous un au-
 » tre aspect les Tables qu'il calculoit, il ne lui vint point
 » en pensée d'en représenter les nombres par des lignes ;
 » la chose ne lui parut pas possible, ou il n'en sentit pas
 » l'utilité, & il ne connut point les Cartes réduites, non
 » plus qu'Adrien Métius, qui écrivoit vers 1630, & qui
 » étoit, ce semble, extrêmement instruit des matières
 » de Marine. Ce fut néanmoins vers ce même tems que
 » l'usage s'en introduisit en France, & qu'on traça les
 » premières à Dieppe, si l'on s'en rapporte au témoignage
 » du P. Fournier. Nicolas Bon du même endroit, qui pu-
 » blia en 1618. un Livre sous le titre d'*Hydrographie*, en
 » avoit entendu parler ; mais il s'imaginait que la réduc-
 » tion dont on faisoit du bruit, avoit quelque rapport à la
 » variation ou déclinaison de l'aimant.

II 17. » Au surplus, quoique les Cartes réduites soient
 » une des plus belles inventions de l'esprit humain, &
 » qu'elles soient très-propres pour la navigation, elles ne
 » donnent pas une peinture assez naturelle du Globe, & si,
 » on le peut dire, l'artifice avec lequel elles sont con-
 » struites, est trop grand. Toutes les Cartes terrestres sont
 » des espèces de tableaux qui nous représentent une par-
 » tie du Globe terrestre, lorsqu'on les considère d'un point
 » déterminé : au lieu que le point de vûe est différent
 » dans les Cartes réduites pour toutes les latitudes ; & les
 » règles de la Perspective y sont continuellement vio-
 » lées. Lorsqu'on jette les yeux sur l'Islande, on est tenté
 » de croire que cette Isle a beaucoup d'étendue : il faut,
 » pour la comparer aux autres parties de la Terre, réduire
 » chacune de ses dimensions à moins de moitié ; car
 » l'échelle de 20 lieues qui sert à la mesurer, est plus de
 » deux fois plus grande que 20 lieues prises vers l'Equa-
 » teur. L'altération apparente est encore plus énorme plus

haut, puisque le plus petit espace qui touche au Pole, « est représenté par un espace immense sur la Carte, & « qu'il n'y a que la réduction à laquelle il faut être toujours « attentif, qui sauve ce défaut. Je ne doute pas que toutes ces considérations n'eussent fait préférer le modèle « de Carte de la *Figure 53*, si on eût navigué plus fréquemment vers le Pole, & qu'on eût pu pénétrer plus loin « par Mer dans les Zones glaciales. »

CHAPITRE V.

Opérations ou Pratiques sur les Cartes Marines.

118. **L**A plupart des Opérations qu'on peut faire sur les Cartes, sont communes aux plates & aux réduites. Nous allons expliquer d'abord la manière de *pointer* les premières, & nous spécifierons ensuite les attentions qu'il faut avoir de plus dans l'usage des secondes. Nous séparerons, comme on le fait ordinairement, ces Opérations en différens Problèmes ou en diverses questions de Pratique qui sont à résoudre.

I.

PREMIER PROBLEME.

119. On connoît le rumb de vent qu'on a suivi, & le chemin qu'on a fait, ou les lieues de distance : on demande le point où l'on est arrivé?

120. Nous nous proposerons un exemple, pour fixer davantage toutes nos idées. Nous sommes partis du Nord de l'Isle d'Ouessant, du point marqué *A* dans la Carte de la Manche. L'usage du Loch nous a appris que nous avons fait 40 lieues ; nous faisons deux lieues & demie par heure,

& nous avons marché pendant 16 heures : Nous ſçavons de plus par la Bouſſole que nous avons couru exactement au *NE* ; nous voulons marquer après cela ſur notre Carte l'endroit où nous nous trouvons actuellement.

121. *Solution.* Le *NE* & le *SO* forment la même ligne ; on court au *NE* ou au *SO*, ſelon le ſens dans lequel on va. Si le point *A* du départ ſe trouvoit par hazard ſur la ligne du *NE* & du *SO* de la roſe marquée dans la Carte, la route du Navire ſeroit déjà toute tracée. Le point *A* eſt à une certaine diſtance du *NE* ou du *SO* de la roſe ; il eſt donc queſtion de conduire du point *A* une ligne droite *AC* qui ſoit parallèle à ce rumb de vent. Il n'y a qu'à prendre avec un compas la diſtance la plus courte *AB* du point *A* au *NE* ; on fera mouvoir le compas en faiſant enſorte qu'une de ſes pointes ſuive le *NE*, & l'autre pointe tracera en même tems la route *AC*. Mais il y a encore une autre condition à remplir ; car nous avons fait 40 lieues. C'eſt pourquoi il faut prendre 40 lieues avec un autre compas, & les porter depuis *A* juſqu'en *C* ; & nous aurons dans ce dernier point l'endroit où nous ferons arrivés. Nous avons pû dans cet exemple prendre les 40 lieues en une ſeule fois ; mais il n'y auroit aucun inconvéniement à prendre la longueur du chemin par parties, & on y eſt quelquefois obligé.

122. Le point *C* de l'arrivée étant trouvé, on eſt à portée de régler ſa navigation, & de voir la route qu'il faut prendre, ſelon qu'on veut ſ'approcher des côtes de France ou d'Angleterre. Il nous eſt facile auſſi de trouver ſur la Carte la latitude par laquelle nous ſommes, il n'y a qu'à chercher vis-à-vis de quel point nous répondons de l'un ou de l'autre des Méridiens gradués qui ſont aux deux côtés de la Carte. Si l'on prend la diſtance du point *C* au parallèle qui termine la Carte par en-bas, & qu'on porte cet intervalle ſur un des Méridiens gradués, on trouvera que notre latitude eſt de 50 degrez.

123. On peut encore demander deux choſes ; com-

Bien nous avons *gagné* ou avancé vers le Nord, & combien nous avons avancé vers l'Est? Si nous avions marché exactement sur un parallèle à l'Equateur, en courant à l'Est, nous eussions suivi la ligne AD , & nous n'eussions ni monté vers le Nord, ni descendu vers le Sud. Nous avons donc monté vers le Nord de toute la quantité DC , que nous déterminerons aisément en conduisant AD parallèlement à quelqu'une des lignes Est & Ouest que nous offre la Carte, & en tirant CD parallèlement à quelqu'une des lignes Nord & Sud. CD qui marque la quantité dont nous avons avancé vers le Nord, est d'environ $28\frac{1}{2}$ lieues, & si l'on mesure notre progrès AD vers l'Est, on le trouvera de la même quantité.

124. *Second Exemple du même Problème.* Etant parvenus au point C , nous avons changé de route, & nous avons fait 25 lieues à l' $E\frac{1}{4}NE$: Nous voulons sçavoir notre nouveau point d'arrivée.

125. *Solution.* Il ne s'agit que de chercher l' $E\frac{1}{4}NE$ sur la rose, d'y tracer une ligne parallèle CE , & de donner à cette ligne 25 lieues de longueur. On trouvera le point E qui est par $50^d. 15^m.$ de latitude; de sorte que nous sommes de 15 minutes, ou de 5 lieues plus vers le Nord que dans l'autre point. Nous sommes plus vers le Nord de la quantité FE , & nous sommes en même tems beaucoup plus vers l'Est à proportion; parce que la route tient beaucoup plus de l'Est que du Nord. Nous avons avancé vers l'Est dans cette seconde route de toute la quantité CF qui est d'environ $24\frac{2}{3}$ lieues, & qui produit notre changement en longitude, de même que FE produit notre changement en latitude.

126. *Troisième Exemple du même Problème.* Etant arrivés en E , on a encore changé de route, & on a fait 17 lieues à l' ESE 5 deg. 30 min. S.

127. Il se trouve presque toujours des degrez joints aux rumb de vent qu'on a courus, à cause de la variation de la Bouffole & de la dérive dont nous avons parlé

N^o. 55, & suiv. Quoique les intervalles entre les rumb de vent soient de 11 deg. 15 min. on suppose, pour plus de facilité sur la Carte, qu'ils ne sont que de 11 degrez; & quelquefois on les suppose de 12 degrez par le même motif. Dans le cas présent, il faut prendre le milieu entre l'ESE & le $SE\frac{1}{4}E$. Notre route EG que nous voulons tracer, doit donc être parallèle à cette ligne de milieu qui est indiquée par HL . Du point E comme centre, nous avons décrit le petit arc H , pour nous assurer que nous prenions la distance la plus courte, & nous avons fait la même chose du point G , en traçant le petit arc L . On voit assez que les 5 deg. 30 min. que nous prenons, sont vers le Sud; & qu'il eût fallu les prendre de l'autre côté de l'ESE, si nous avions couru à l'ESE 5 deg. 30 min. E . Enfin il y a 17 lieues depuis le point E jusqu'au point G . Ainsi nous sommes arrivés en G , qui n'est pas fort éloigné du Havre de Grace, & qui est par 49 deg. 50 min. de latitude.

128. On trouvera la longitude du point G en examinant à quel point il répond du parallèle gradué qui est au haut ou au bas de la Carte. Cette longitude qui commence au Méridien de l'Isle-de-Fer, est de 17 degrez 43 minutes.

129. *Quatrième Exemple du même Problème.* Nous réunirons dans un même exemple quatre routes que nous supposerons avoir faites successivement, en prenant pour point de *Partance* le point A qui est aux environs de Bellisle & de l'Isle-d'Ieu dans la Carte plate qui représente une partie des Côtes de France & d'Espagne. Nous avons couru

23 $\frac{1}{2}$ lieues à l' $O\frac{1}{4}NO$.

25 $\frac{1}{2}$ lieues au SSO .

20 lieues au $SO\ 5^d.O$.

27 $\frac{1}{2}$ lieues à l' $O\ SO\ 6^d.O$.

Nous demandons l'endroit où nous sommes arrivés.

130. *Solution.* La première route nous portera du point A

A au point *D*, en nous faisant avancer vers le Nord de $4\frac{1}{2}$ lieues, & de 23 vers l'Ouest.

	Nord.	Sud.	Est.	Ouest.
I. route.	$4\frac{1}{2}$	...	...	23
II. route.	...	$23\frac{1}{4}$	...	$9\frac{2}{3}$
III. route.	...	$12\frac{3}{4}$	...	$15\frac{1}{3}$
IV. route.	...	$7\frac{1}{4}$	...	$26\frac{1}{3}$
		$43\frac{3}{4}$		
		$4\frac{1}{2}$		
Lieues au Sud & à l'Ouest.	...	$39\frac{1}{4}$	...	$74\frac{1}{3}$

La seconde nous fera passer du point *D* au point *E*, en nous faisant avancer $23\frac{1}{4}$ li. vers le Sud, & $9\frac{2}{3}$ li. vers l'Ouest. La troisième nous portera du point *E* au point *F*, en nous

faisant avancer $12\frac{3}{4}$ lieues au Sud, & $15\frac{1}{3}$ li. à l'O. Enfin, la quatrième nous fera passer du point *F* au point *G*, en nous faisant avancer d'environ $7\frac{1}{4}$ lieues au Sud, & de $26\frac{1}{3}$ à l'O. On a écrit ci-à côté sous les titres convenables, ces différentes quantités avancées vers le Sud & vers l'Ouest; on a ajouté ensemble celles qui vont dans le même sens, & retranché les quantités qui sont en sens contraire: il est venu pour résultat $39\frac{1}{4}$ lieues au Sud, & $74\frac{1}{3}$ lieues à l'Ouest. C'est ce qu'on peut vérifier aisément, en examinant combien le dernier point *G* est plus vers le Sud & plus vers l'Ouest que le point de *Partance A*.

131. Nous nous sommes dispensés de tracer sur la Carte les triangles dont les routes *AD*, *DE*, &c. sont les hypoténuses; & il faut que les Pilotes s'accoutument à pointer leurs Cartes sans y tracer aucune ligne. Nous avons marqué pour la facilité de l'explication, le point *P* qui est exactement sur le même parallèle que le point de *Partance A*, & sur le même Méridien que le dernier point d'arrivée *G*. Ainsi l'espace *AP* exprime la quantité ($74\frac{1}{3}$ lieues) dont on a avancé en tout vers l'Ouest par les quatre routes; pendant que *PG* marque la quantité ($39\frac{1}{4}$ lieues) dont on a avancé vers le Sud, eu égard à tout; & c'est à quoi nos quatre routes se réduisent.

SECONDE PROBLÈME.

132. On connoît le rumb de vent qu'on a suivi, & la latitude par laquelle on est arrivé; on demande les lieues qu'on a courues, & la quantité dont on a avancé vers l'Est ou vers l'Ouest, & qui produit le changement en longitude?

133. Supposons qu'on soit parti du point *A*, proche de l'Isle d'Oüessant dans la Carte de la Manche, & qu'ayant couru assez considérablement au NE, on ait observé la latitude à la fin de cette route, & qu'on se soit trouvé par 50 degrez. On se servira de deux compas; l'un pour tracer la route parallelement au NE sur la Carte, & l'autre pour reconnoître quand on sera parvenu vis-à-vis du point de 50 degrez de latitude. Si l'on prend avec ce second compas la distance du point de 50 degrez au haut du Méridien gradué, on fera en sorte que le point *C* soit à la même distance du parallele qui termine la Carte par en-haut. Le point *C* étant déterminé, on mesurera le chemin *AC* qui se trouvera de 40 lieues; & on verra que la quantité *AD* dont on a avancé vers l'Est est de $28\frac{1}{2}$ lieues.

TROISIEME PROBLÈME.

134. On connoît la longueur du chemin qu'on a fait, & la latitude par laquelle on est arrivé; on demande le rumb de vent qu'on a suivi, & la quantité dont on a avancé vers l'Est ou vers l'Ouest.

On est, par exemple, parti du point *A* dans la Carte de la Manche, & ayant couru 40 lieues entre le Nord & l'Est, on est arrivé par 50 degrez de latitude. Je n'ai qu'à prendre 40 lieues sur l'échelle, & les portant depuis le point *A*, je fais en sorte que l'autre pointe du compas tombe en *C* par 50 degrez de latitude. Le point *C* fera le lieu de l'arrivée, & l'intervalle *AD* de $28\frac{1}{2}$ lieues sera la quantité dont on aura avancé vers l'Est.

135. Il reste encore à trouver le rumb de vent : nous le découvrirons en choisissant celui qui peut nous conduire du point *A* au point *C*. Si on suit le $NE\frac{1}{4}N$, ou une parallèle à ce rumb de vent, on passera beaucoup au-dessus du point *C* : on passera au contraire beaucoup au-dessous, en prenant le $NE\frac{1}{4}E$; mais en suivant le *NE*, on se rendra exactement d'un point à l'autre. On évitera tout tâtonnement en tendant un fil sur les deux points, ou bien en se servant d'une règle, au lieu de fil. On prendra avec un compas la distance du centre de la rose au fil ou à la règle, & cet intervalle transporté depuis *A* vers *B*, marquera tout d'un coup en *B* le rumb de vent convenable. Pendant qu'une des pointes du compas tracera ensuite la route du Navire en suivant la règle depuis le point *A* jusqu'au point *C*, l'autre pointe tracera le rumb de vent, qui passera par le centre de la rose.

QUATRIÈME PROBLÈME.

136. Le point du départ & celui de l'arrivée étant donnés, on demande le rumb qu'il faut suivre pour se rendre de l'un à l'autre, & la quantité de chemin qu'il faut faire ?

137. Il semble que ce Problème devrait être proposé le premier : on ne peut guère manquer lorsqu'on veut se rendre d'un Port à un autre, de chercher d'avance la route qu'il faut embrasser, & les lieues qu'il faut courir. Mais nous verrons dans la suite qu'on ne se sert presque jamais de cette route plus courte ; & d'ailleurs l'ordre le plus naturel, en fait d'explications, c'est celui qui est le plus propre à les rendre claires. L'échelle des lieues met toujours en état de mesurer la distance d'un endroit à l'autre ; & quant au rumb de vent, on le découvrira de la même manière que dans le Problème précédent.

138. Si on demande, par exemple, la route qu'il faut tenir pour aller de l'Isle d'Ouessant à l'Isle de Wight, on

verra aisément dans la Carte de la Manche que le $NE\frac{1}{4}E$ conduit trop à l'Est, & que le NE conduit trop au Nord. La direction qu'il faut suivre, est donc entre les deux: c'est à peu près le $NE\ 4^d. E$; car il faudra prendre à peu près le quart de la distance du SO au $SO\frac{1}{4}O$; mais le $SO\ 4^d. O$ devient le $NE\ 4^d. E$, lorsqu'on va dans le sens contraire, ou qu'on monte au lieu de descendre. On trouvera, si on le veut, sans nul tâtonnement, ce même rumb de vent, en mettant une règle depuis l'Isle d'Oüef-sant jusqu'à l'Isle de Wight, & en prenant la plus courte distance du centre de la rose à la règle. La distance d'Oüef-sant à l'Isle de Wight se trouvera d'environ 64 lieues.

139. *Second Exemple du quatrième Problème.* Nous avons, en partant du point A des environs de Bellisle & de l'Isle-d'Ieu dans la seconde Carte, couru successivement plusieurs routes AD, DE, EF, FG , & nous voulons les réduire en une seule; nous voulons sçavoir le chemin & le rumb que nous avons faits en ligne droite, depuis le point de partance A jusqu'au point d'arrivée G ; il est évident que c'est un quatrième Problème. Les routes dont il s'agit, sont équivalentes à une seule de 85 lieues courues à l' $OSO\ 5^d. S$ qui nous porte $39\frac{1}{4}$ lieues au Sud, & $74\frac{1}{3}$ à l'Ouest.

140. *Troisième Exemple du quatrième Problème sur la Carte réduite.* On demande la distance de l'Isle-de-Fer à la Martinique & le rumb de vent qui conduit de l'une à l'autre? On trouvera que la première de ces Isles est presque par 28^d de latitude Nord, & que la seconde est dans le quinzième degré de latitude aussi Nord, & par environ $315^d. 30^m.$ de longitude. Le rumb de vent est à peu près l' $OSO\ 4^d. 30^m. O$; tous les autres rumb conduiroient en-dessus ou en-dessous de la Martinique.

141. Quant à la longueur du chemin, sa mesure naturelle, comme nous l'avons expliqué dans l'autre Chapitre (NN°. 110 & 111,) est la portion du Méridien gradué, comprise depuis une latitude jusqu'à l'autre. On peut

prendre le tiers ou le quart de cet intervalle pour servir de mesure; on peut ajouter cet tiers ou ce quart, ou toute autre partie, à l'intervalle entier; & l'opération sera toujours légitime, pourvu que la distance d'un lieu à l'autre soit exactement mesurée à proportion de l'espace entier qu'occupe sur le Méridien la différence en latitude. Il n'y a pas d'inconvénient néanmoins dans la pratique à embrasser immédiatement quelques degrez de plus ou de moins que la différence en latitude pour servir de mesure; on observe seulement, si l'on prend un ou deux degrez de plus ou de moins par en-haut, de prendre aussi un ou deux degrez de plus ou de moins par en-bas; afin de faire une espèce de compensation. Si on ouvre le compas dans le cas présent depuis 15 degrez jusqu'à 27, on aura 12 degrez, ou 240 lieues, & si on les répète trois fois, on aura 720 li. mais ce ne sera pas encore toute la distance de l'Isle-de-Fer à la Martinique. On peut prendre le reste, & le porter vers le milieu de la différence en latitude, ou le comparer à la longueur des 12 degrez: on verra qu'il est d'environ 120 lieues: Ainsi la distance d'une Isle à l'autre est d'environ 840 lieues.

142. *Quatrième Exemple du quatrième Problème sur la Carte réduite.* On demande le rumb qu'il faut suivre, & le nombre de lieues qu'il faut faire pour aller de la Bermude à l'Isle de Madère? Comme ces deux Isles sont par des latitudes peu différentes, on ne peut employer comme échelle dans la rigueur, qu'une très-petite partie du Méridien gradué; & l'opération devient plus difficile & moins exacte. Cependant comme l'inégalité entre les degrez marqués sur la Carte n'est pas grande en cet endroit, on peut embrasser d'une seule ouverture de compas 100 lieues, ou 5 degrez depuis 32 degrez de latitude jusqu'à 27; il faut répéter ces 100 lieues huit fois pour mesurer toute la distance, & on verra qu'il y a encore de plus 38 ou 39 lieues. Le rumb de vent est à peu près l'E 1 deg. 30 min. Sud.

CINQUIEME PROBLÈME.

143. » Le rumb de vent étant donné & la longitude
» de l'arrivée, on demande la latitude de l'arrivée & la lon-
» gueur du chemin ou les lieues de distance ?

144. » Si l'on part de la Martinique, & qu'on ait singlé
» à l'ENE 4^d. 30^m. E, jusqu'à ce qu'on soit parvenu sur
» le premier Méridien, il fera très-facile de trouver sur la
» Carte réduite le point où l'on est arrivé. En suivant l'ENE
» 4^d. 30^m. E, & en ne s'arrêtant que lorsqu'on se trouve
» par 360 degrez de longitude ou par zéro, on aborde à
» l'Isle-de-Fer même. Pour mesurer ensuite la longueur du
» chemin, il faut employer, ainsi que nous l'avons déjà
» fait, la différence en latitude comme mesure. Je prends
» 14 degrez depuis 14 degrez jusqu'à 28. Ces 14 degrez
» valent 280 lieues, & en les répétant trois fois, ils me
» donnent 840 lieues pour la distance d'une Isle à l'autre.

SIXIEME PROBLÈME.

145. » On connoît la longueur du chemin & la lon-
» gitude de l'arrivée, on demande le rumb de vent qu'il
» a fallu suivre & la latitude de l'arrivée ?

146. » Ce Problème ne peut se résoudre dans la ri-
» gueur que sur la Carte réduite ; & il suppose même quel-
» que tâtonnement ; c'est à peu près la même chose du
» premier Problème. On est toujours sujet à quelque tâ-
» tonnement sur la Carte réduite toutes les fois qu'il s'a-
» git de mesurer le chemin, & qu'on ne connoît pas en-
» core les deux latitudes, celle du départ & celle de l'ar-
» rivée.

147. » Supposé qu'ayant parti de l'Isle-de-Fer, & couru
» 840 lieues entre le Sud & l'Ouest, nous nous trouvions
» par 315 degrez 30 min. de longitude ; nous ne sçavons
» pas le nombre de degrez de latitude qu'il nous est per-

mis de prendre pour échelle ; nous ne le sçavons pas , « parce que nous ignorons notre latitude de l'arrivée. Nous « feindrons donc au hazard que nous sommes arrivés par « 23 degrez de latitude-Nord , & nous prendrons 100 li. « depuis ces 23 degrez jusqu'à 28 qui sont au-dessus. Mais « on s'appercevra que les cinq degrez qu'on emploie , « sont trop grands , parce qu'en les répétant huit fois , & « en mettant encore 40 lieues de plus , pour faire les 840 « lieues , on arrive beaucoup plus bas que 23 degrez de la- « titude , si l'on veut en même tems que le point soit par « 315 degrez 30 min. de longitude. Ainsi il faut nécessai- « rement faire plusieurs tentatives ; & on ne doit se trou- « ver satisfait que lorsque l'intervalle qu'on a pris pour « mesure , convient avec la latitude par laquelle on arrive « effectivement , & qui est 14^d. 30' dans cet exemple. Au « surplus ce Problème , vû l'état actuel de la Navigation , « & la privation où nous nous trouvons de méthode immé- « diate & commode pour déterminer la longitude en Mer , « n'est pas d'une utilité présente. »

II.

*Moyen de marquer sur la Carte le Point
où l'on est à la vûe de deux Terres , avec
plusieurs autres Opérations ou Pratiques
importantes.*

148. Lorsqu'on se trouve à la vûe de deux Terres, on peut, après les avoir relevées avec la Bouffole ou le compas de variation, marquer fort aisément sur la Carte l'endroit où l'on est. Supposons qu'on puisse voir Bellisle d'assez loin, de même que l'Isle-d'Ieu, & que la première de ces Isles reste au $N\frac{1}{4}NE$, & l'autre à l' $E\frac{1}{4}SE$. Nous prendrons avec un compas ordinaire la distance du milieu de Bellisle au $N\frac{1}{4}NE$ dans notre seconde Carte, & fai-

fant glisser une des pointes du compas le long du rumb de vent en descendant, l'autre pointe tracera une ligne parallele qui fera la direction du $S\frac{1}{4}SO$ par rapport à Bellisle; mais le $N\frac{1}{4}NE$ par rapport au point comme *A*, d'où on voit Bellisle. Nous prendrons en même tems avec un autre compas la distance de l'Isle-d'Ieu à l' $E\frac{1}{4}SE$, & traçant une ligne parallele à ce second rumb de vent, nous aurons une seconde direction, & le concours des deux nous donnera le point *A* où nous nous trouvons nécessairement. De ce point Bellisle reste au $N\frac{1}{4}NE$, & l'Isle-d'Ieu à l' $E\frac{1}{4}SE$; car si on suivoit l'un ou l'autre de ces rums de vent, on iroit rencontrer l'une ou l'autre Isle.

149. On se sert ordinairement de cette pratique pour marquer son point de *Partance* sur la Carte, lorsqu'on entreprend un voyage de long cours. Le soir lorsqu'on est à la veille de perdre les Terres de vûe, on en relève deux avec la Bouffole; ce qui vaut beaucoup mieux que de n'en relever qu'une, & d'estimer à quelle distance on en est. Cependant il faut quelquefois avoir recours à ce second moyen de fixer le commencement de sa Navigation: on y est nécessairement obligé lorsqu'on part d'une petite Isle, & lorsqu'elle est seule.

Transporter un Point d'une Carte dans une autre.

150. Lorsqu'en pointant une Carte on se trouve à une de ses extrémités, il faut passer dans une autre où soient marqués les mêmes endroits par lesquels finit la première. Alors on transporte le point d'une Carte dans l'autre, en le mettant à la même distance & au même rumb de vent par rapport à la même terre; & en observant de mesurer cette distance dans chaque Carte, avec sa propre échelle.

151. *Exemple.* Supposons qu'en partant de Bellisle on ait fait 40 lieues à l' ONO , & qu'ensuite on ait viré de bord & fait

fait 45 lieues au *NE*. La première route tracée dans celle de nos Cartes, qui représente une partie des Côtes de France & d'Espagne, nous portera au point *B*. C'est dans ce point où on a viré de bord pour faire 45 lieues au *NE*; mais comme la Carte ne s'étend pas assez vers le Nord, je divise la seconde route en deux parties pour en tracer une sur chacune des deux Cartes dont je me sers. En partant du point *B*, je continue à faire le *NE* jusqu'à ce que je me trouve sur le Parallele d'Oüessant, ou sur la même ligne Est & Oüest que cette Isle. Je termine donc la première partie de ma seconde route au point *C*; & je remarque que je suis éloigné de $5\frac{1}{2}$ lieues d'Oüessant du côté de l'Oüest, & que j'ai déjà fait 15 lieues de ma seconde route. Ainsi il me reste encore 30 lieues à courir dans l'autre Carte qui est celle de la Manche : Mais il faut, avant toutes choses, transporter le point *C* d'une Carte dans l'autre. Je place ce point en *K* à $5\frac{1}{2}$ lieues à l'Oüest d'Oüessant, en me servant de l'échelle de cette seconde Carte; le point *K* me tient lieu du point *C*; je cours de ce point *K* 30 lieues au *NE*, & j'arrive au point *M* qui est l'extrémité de ma seconde route.

152. L'opération est la même lorsqu'on passe d'une Carte réduite dans une autre; & on a même toujours un secours de plus; parce qu'il suffit, pour transporter le point, de le mettre par la même latitude & la même longitude. Mais il faut toujours s'assurer auparavant si le premier Méridien est absolument le même dans les deux Cartes. Lorsque ces Méridiens sont différens, il faut réduire une longitude à l'autre. Supposé que le premier Méridien dans une des Cartes passe par l'Isle-de-Fer, & que dans l'autre il passe par l'Observatoire de Paris, il y aura entre toutes les longitudes, 20 degrez de différence dont Paris est plus vers l'Orient que l'Isle-de-Fer. Les longitudes seront plus petites dans la seconde Carte de cette quantité. Si l'on est par 330 deg. de longitude par rapport à l'Isle-de-Fer, on ne sera que par 310 par rapport à

Paris : ainsi ces deux nombres doivent se répondre exactement dans les deux Cartes ; ils doivent marquer les mêmes endroits , aussi-tôt que les latitudes sont aussi les mêmes. Si l'on est par 5 degrez de longitude par rapport à l'Isle-de-Fer , c'est précisément comme si l'on étoit par 365 degrez : & retranchant 20 deg. de cette longitude , on la réduira à 345 degrez pour Paris.

153. La différence est beaucoup moins grande entre les premiers Méridiens qui passent par l'Isle-de-Fer & par le Pic de Ténérife ; c'est ce qui fait qu'on pourroit s'y tromper beaucoup plus aisément. Un de ces Méridiens est éloigné de l'autre d'environ 2 deg. 3 min. il faut bien se souvenir que l'Isle-de-Fer étant la plus Occidentale des Canaries , toutes nos longitudes sont plus grandes , aussi-tôt qu'on les compte de l'Oüest vers l'Est. Ainsi pour réduire nos longitudes Françaises aux Hollandoises , qui se comptent depuis le Pic de Ténérife , il faut retrancher 2 deg. 3 min. des nôtres. Si on veut au contraire réduire les longitudes Hollandoises aux Françaises , il faut ajouter 2 deg. 3 min. aux Hollandoises.

*De la manière de corriger le Point sur
la Carte , après qu'on a observé
la Latitude.*

154. Si le Pilote , en observant sa latitude , en trouve une qui ne s'accorde pas avec celle que lui fournit la réduction de ses routes sur la Carte , c'est une marque qu'il s'est trompé dans l'estime qu'il a faite de son chemin , ou qu'il n'a pas réussi à déterminer assez exactement le rumb sur lequel il a couru. On trouve immédiatement la latitude avec une très-grande précision en observant le Ciel ; & on est presque toujours sûr de l'exaëtitude de l'observation : au lieu qu'on est exposé dans la Navigation à une infinité de différentes causes d'erreurs qui empêchent de

connoître la direction qu'on suit, & la vitesse du fillage. On peut se tromper, & même de plus d'un degré, en travaillant à découvrir la variation de la Bouffole. La Dérive est très-difficile à déterminer exactement; les mouvemens secrets de la Mer altèrent non-seulement le fillage ou la longueur du chemin, ils altèrent aussi la direction de la route. L'agitation réitérée & continuelle des vagues est encore un autre obstacle qui empêche le Navigateur de compter sur l'exactitude de ses déterminations; le Navire ne marche presque jamais constamment sur la même ligne; il se meut presque continuellement par élans, en s'écartant tantôt d'un côté, & tantôt de l'autre, du rumb qu'on veut suivre; & ces élans faits de part & d'autre, ne sont pas parfaitement égaux. Le Pilote n'est que trop excusable après tout cela, si, malgré ses plus grands soins, il est encore sujet à commettre des erreurs très-considérables. Un des moyens qu'il a de s'en appercevoir, mais qui malheureusement est trop borné, c'est d'observer la latitude toutes les fois que l'occasion s'en présente.

155. Supposons, qu'en partant des environs de l'Isle d'Oüessant, du point *A* dans la Carte de la Manche, nous ayons fait les routes *AC*, *CE*, & *EG*, & que le Ciel ait été couvert pendant toute cette navigation; ce qui est cause que nos routes ne sont qu'estimées, c'est-à-dire, que ce n'est que sur le simple témoignage du Loch, & sur l'usage que nous avons fait de la Bouffole, que nous croyons être arrivés en *G*. Lorsqu'on navigue dans le voisinage des terres, on se conduit en partie par les sondes; mais nous faisons ici abstraction de ce secours qu'on tire de la connoissance du fond; nous supposons seulement qu'arrivés en *G*, nous avons vu le Ciel, & qu'ayant observé la latitude, nous l'avons trouvée de 50 deg. 10 min. & non pas de 49 deg. 50, comme elle est indiquée sur notre Carte. Il ne nous est pas permis de douter après cela que nous ne nous soyons trompés dans notre estime: nous croyions être ar-

Voy. la Carte
de la Man-
che. Pl. VI.

rivés en *G*, mais nous sommes arrivés 20 minutes plus haut; & il faut donc nécessairement transporter notre point vers le Nord. C'est à cette opération qu'on donne dans la Marine le nom de *Correction*.

156. Les Pilotes distinguent ordinairement trois Corrections dont ils se servent selon les différens rumb qu'ils ont suivis. Nous aurons occasion de nous expliquer davantage sur ce sujet : nous nous bornerons à dire ici que si nous n'avons aucune raison de soupçonner que nous nous soyons plutôt trompés en plus qu'en moins, quant à la longitude, nous devons croire que nos routes se sont faites seulement un peu plus vers le Nord; & il nous faut transporter simplement notre point estimé *G* en *P* sur la même ligne Nord & Sud, par 50 deg. 10 min. de latitude, comme le prescrit l'observation à laquelle nous devons ajouter foi. Souvent on a lieu de penser que les erreurs sont plutôt dans un certain sens que dans l'autre. Le voisinage des terres détermine presque toujours les courans à se mouvoir vers un certain côté : le vent outre cela entraîne les eaux de la surface de la Mer selon sa propre direction; mais si on a déjà eu égard à toutes ces choses, & qu'on ne sçache pas si l'erreur qu'on commet peut-être encore, porte vers l'Est ou vers l'Ouest, il semble qu'on n'a point d'autre parti à prendre que de corriger simplement le point *G* pour la latitude, en le mettant en *P*. Au reste il faut se ressouvenir que ces sortes d'opérations se ressentent toujours des conjectures sur lesquelles elles sont fondées. Quand même l'observation donneroit exactement 49 deg. 50 min. pour la latitude, on ne seroit pas sûr de ne s'être pas trompé dans son estime. Il n'y auroit point d'erreur quant à la latitude; mais on pourroit être plus vers l'Est ou plus vers l'Ouest.



CHAPITRE VI.

*Remarques générales sur la Navigation ,
sur la manière de s'approcher de terre ,
de sonder, &c.*

I.

157. C'EST cette incertitude de la Navigation par rapport à la longitude qui est cause que lorsqu'on veut aller d'un Port à un autre, qui en est considérablement éloigné, on ne tente jamais de s'y rendre par le rumb de vent le plus direct. Si nous partons de quelque Port de France dans l'Océan, pour aller à la Martinique, nous courons d'abord assez à l'Oüest pour n'avoir rien à craindre de la part du Cap de Finistère, lorsque nous dirigerons notre route vers le Sud. Deux raisons nous invitent ensuite à entrer promptement dans la Zone Torride; nous y trouvons des vents toujours favorables qui viennent continuellement de l'Est. Ce sont les vents qu'on nomme *Alifex*, dont la force, toujours la même, n'est pas sujette à des reprises comme celle des vents que nous ressentons dans les autres Mers. En second lieu, nous nous hâtons de nous mettre par la latitude de la Martinique, 14 deg. 30 min. & nous n'avons ensuite qu'à courir précisément à l'Oüest: nous vérifions chaque jour, en observant la latitude, si nous suivons exactement cette route; & de cette sorte nous ne pouvons pas manquer de rencontrer l'Isle, malgré l'imperfection de notre Art quant à la longitude.

158. Si, au lieu de nous conformer à cette règle générale, nous dirigeons de fort loin notre route sur la Martinique, nous pourrions, en nous trompant seulement de quelques degrez sur le rumb de vent, passer à 50 ou 60 lieues

de l'Isle, au risque de nous aller perdre sur quelqu'autre Terre. Outre cela, comme nous ignorerions de quel côté nous nous serions trompés, en manquant notre but, nous ne sçaurions pas s'il faudroit l'aller chercher à l'Est ou à l'Oüest. Nous évitons tous ces accidens, & nous assurons le succès de notre navigation en poussant très-loin la précaution de nous mettre de bonne heure sur le parallèle du lieu de l'arrivée. Lorsque nous aurons des méthodes immédiates & commodes de déterminer la longitude en Mer, nous pourrons aller alors plus directement au lieu de notre destination. Cependant comme nous devons croire que les occasions d'observer la longitude seront toujours moins fréquentes que celles de déterminer la latitude, on peut penser que l'usage présent ne sera jamais totalement abandonné.

159. On fait à peu près la même chose lorsqu'on revient de l'Amérique en France : on dirige d'abord sa route vers le Nord ; on se hâte de sortir de la Zone Torride, afin de trouver des vents moins contraires ; on singe ensuite à l'Est, & on se met sur une latitude qu'on choisit & qu'on suit constamment. Cette latitude règle l'*atterrissage*, & on prend exprès celle d'un Cap ou d'une Isle dont on puisse approcher sans risque, & qu'on puisse appercevoir de plus loin. S'il s'agit de *doubler* un Cap fort éloigné, il faut se conformer à la même pratique pour aller d'abord le reconnoître. Supposé que ce Cap soit environné d'écueils à une trop grande distance, on ira en reconnoître quelque autre en-deçà qui assurera la longitude, & qui servira comme de nouveau point de Partance pour former l'espece de circuit qui doit comprendre la terre qu'on veut doubler.

160. C'est sur cette règle générale & sur la connoissance qu'on a des vents & des courans, qu'on doit dresser le plan de sa navigation. Les vents & les courans se dirigent vers l'Oüest dans presque toute l'étendue de la Zone Torride. Les premiers excitent les seconds : il est rare que

Les vents soufflent long-tems du même côté, & que la surface de la Mer ne prenne pas de mouvement dans le même sens. Mais les terres qui sont dans la Zone Torride, détournent aussi les vents de leur première direction, & elles les en détournent d'une manière qui est bien digne de remarque : les vents s'écartent de la ligne droite pour aller rencontrer les Côtes presque perpendiculairement. Il faut apparemment attribuer cet effet à la facilité qu'ont les Continents de s'échauffer plus que la Mer ; ils communiquent leur chaleur à la partie basse de l'air qui se trouve au-dessus, cet air devenant plus léger, parce qu'il se dilate en s'échauffant, tend à s'élever ; il cède en-bas sa place, & il donne lieu à l'air des environs de survenir en refluant, & de s'élever à son tour après s'être échauffé ; ce qui entretient une circulation continuelle, & ce qui fait que le vent souffle vers la terre de tous les côtés. C'est ce qu'on remarque en divers endroits de la Mer des Indes & de celle du Sud, de même qu'à une certaine distance d'Afrique dans notre Océan. Une partie de l'air entre les deux Continents suit la direction des vents alisez, en allant vers l'Ouest ; pendant que l'autre partie prend un autre chemin pour s'approcher de la Côte d'Afrique ; & l'espace du milieu qui n'est guère éloigné dans la Mer du Nord, de l'intersection de notre premier Méridien & de l'Equateur, est souvent sujet à des calmes & à des orages que les Marins ne sçauroient éviter avec trop de soin.

161. On verra à la fin de cet Ouvrage sur une Carte réduite qui représente presque tout le Globe terrestre, & qui est principalement destinée à marquer de combien étoit la variation de la Boussole en 1700 & 1744, la direction des vents réglés dans la Zone Torride & au-dehors, jusques vers le 31 ou 32 degrez de latitudes tant Septentrionale que Méridionale. On a marqué les directions des vents par de foibles hachures avec des flèches qui indiquent le sens dans lequel se fait le mouvement. On distinguera en divers endroits un double rang de flèches,

parce que les vents y changent de six mois en six mois, en prenant une direction toute opposée. On donne le nom de *Monfons* à ces alternatives de vents contraires qui dépendent des causes que nous venons d'indiquer, & qui n'ont effectivement lieu que dans les parties de la Zone Torride où la Mer est interrompue par plusieurs terres. Toutes les autres circonstances étant les mêmes, l'air est toujours déterminé à se mouvoir vers les Continents où la chaleur du Soleil est actuellement la plus forte.

162. La Mer participe à la fin aux changemens de directions du vent ; & on juge assez que de ces mouvemens il en résulte d'autres ; ou parce que les eaux sont plus sujettes à trouver des obstacles, & qu'elles rejaillissent par la rencontre des Côtes ; ou parce que les eaux qui viennent remplacer celles que le courant principal entraîne, forment nécessairement des courans particuliers. Nous ne devons pas entreprendre d'expliquer ces choses en détail : il nous suffit de bien persuader les Lecteurs qu'elles sont de la plus grande importance, & qu'ils ne doivent rien négliger pour s'informer de tout ce qui a rapport aux voyages qu'ils vont entreprendre. Nous raconterons ici un fait singulier qui est bien propre à en montrer la nécessité. Il n'y a pas long-tems qu'on mettoit dans la Mer du Sud plus d'un an pour faire le voyage du Chili, lorsqu'on partoît du Callao qui est le Port de Lima. Il ne tomboit dans l'esprit de personne qu'en prenant le large pour chercher les vents favorables ou plus variables, & se soustraire aux courans contraires, on n'emploieroit qu'un mois & demi ou deux mois à faire cette même Navigation. Ce fut un Pilote Européen qui s'en avisa le premier ; mais il n'eut pas une médiocre peine à son retour, à justifier devant l'Inquisition de Lima qu'il n'étoit pas Magicien, & qu'il n'y avoit qu'à prendre la même route que lui pour naviguer aussi vite.



II.

De l'Ordre que les Pilotes doivent mettre dans la Réduction de leurs Routes.

163. Les observations que nous faisons en Mer de la latitude, sont indépendantes les unes des autres ; mais comme nous n'avons pas de semblables moyens pour déterminer notre longitude, & que nous ne réussissons qu'à la trouver à peu près par la réduction de nos routes, nous ne saurions être trop attentifs à n'en pas perdre le fil. Les Pilotes se partagent en deux troupes pour *faire le Quart*, de même que tout l'équipage, & chaque troupe veille alternativement. On écrit avec de la craye sur une espèce de tableau qu'on nomme *Table de Loch*, le nombre de nœuds qu'on fait, le rumb qu'on suit, la force & la direction du vent, & les autres circonstances essentielles. C'est à cette Table que les Pilotes qui se reposoient, ont recours, lorsqu'ils viennent se charger à leur tour du soin d'observer toutes les circonstances de la Navigation. On réduit toutes les routes chaque jour, ordinairement d'un midi à l'autre, & le Pilote en fait entrer au moins le résultat dans sa Relation journalière.

164. La forme du Journal est indifférente à bien des égards, mais on trouvera un avantage considérable à le distribuer par colonnes : on s'épargnera beaucoup d'écriture, & on aura la commodité dans un autre tems de retrouver beaucoup plus aisément, & d'un simple coup d'œil, les choses qu'on voudra y chercher. La Table suivante peut servir de modèle : nous allons en parcourir les différens titres, à cause de la double utilité qui peut en résulter. En même tems que nous réglerons la distribution des articles, nous appercevrons mieux quelles sont les matières sur lesquelles il nous reste encore à nous

142 NOUVEAU TRAITE' DE NAVIGATION.
expliquer, ou sur lesquelles il faudra insister davantage
dans la suite.

165. MODELE DE JOURNAL.

Jours du Mois.	Qualités du Vent.	Voilure du Navire.	Distance réduite estimée.	Rumb réduit estimé.	Ampli- tude du Soleil observée	Ampli- tude du Soleil calculée	Variation de la Bouffole.	Point estimé.		Point corrigé.	
								Latitude estimée.	Longitude estimée.	Latitude observée	Longitude corrigée.
								D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
Mardi 3	NE frais.		25 li.	O $\frac{1}{4}$ SO				20 19	349 56	20 30	349 20
Mercr. 4	NE fort.	Les quatre voiles majeures.	47 $\frac{1}{2}$ li.	O 6 d. N	Occafe Nord 12 deg. 30 min.	9 d. 2 m.	3 d. 28 m. NO	20 45	346 48		
Jeudi 5	Calme juf- qu'à 8 h. matin ENE foib.		8 li.	OSO 5 d. S				20 34	346 26		
Vendr. 6	E très-fort.		78 li.	OSO				19 5	342 35	19 25	342 35
Samedi 7	ESE très-fort.		79 li.	O				19 5	338 23		
Dim. 8											

166. On spécifie à la tête du Journal toutes les cir-
constances qui caractérisent le Navire dans lequel on est ;
comme sa grandeur, le nombre de pieds qu'il enfonce
dans l'eau par l'avant & par l'arrière ; & on indique aussi
la destination du voyage, autant qu'on le peut. Si l'on ne
donne que 12 colonnes aux Tables, on aura au moins le soin
de laisser à côté un assez grand espace pour pouvoir y mar-
quer une infinité de différentes particularités dont il est à

propos de conserver la note. Nous nous supposons actuellement en pleine Mer. La première colonne de notre Table indique le quantième du mois ; nous marquons dans la seconde les qualités du vent ; on voit , par exemple, vis-à-vis du Mercredi 4 , que le vent a été NE , assez fort ; & de la manière dont nous comptons les jours , il faut que ce vent ait régné depuis le midi du Mardi 3 , jusqu'au midi du jour suivant. Ainsi lorsqu'il se fait quelque changement , nous le mettons sous un jour ou sous l'autre , selon qu'il arrive avant ou après midi.

167. La troisième colonne spécifie le nombre des voiles qui sont déployées , & la manière dont elles sont orientées. Lorsqu'elles sont disposées obliquement par rapport à la quille , ou à la longueur du Navire , un de leurs angles d'en-bas est plus avancé vers la proue , & l'autre plus porté vers la poupe. L'endroit du Navire où se termine vers l'avant la grande voile , lorsqu'elle est disposée le plus obliquement , se nomme l'*Amure* , & on spécifie si la voile est *amurée* du côté droit ou du côté gauche. Le côté droit du Navire répond à la droite du Pilote , qui regarde vers l'avant. Ainsi si les voiles sont orientées comme dans la *Figure 47* , on dit qu'elles sont amurées du côté droit ou du côté de *Stribord* , pour parler comme les Marins. Elles sont en même tems *bordées* ou tirées vers la poupe par l'autre angle , & c'est du côté gauche ou de *Basbord*.

168. La quatrième & la cinquième colonnes marquent le chemin & le rumb estimés & réduits. On fait presque chaque jour d'un midi à l'autre plusieurs petites routes ; mais elles sont équivalentes à une seule , de même que les quatre routes particulières *AD* , *DE* , *EF* , *FG* se réduisent à une ligne droite qu'on tireroit de *A* en *G* dans notre seconde Carte. On a donc marqué $47\frac{1}{2}$ lieues à l'O 6 deg. N , vis-à-vis du Mercredi 4 , parce que toutes les petites routes qu'on ne rapporte pas en détail , mais qu'on a faites depuis le Mardi 3 à midi jusqu'au 4 à midi , sont

équivalentes à une seule route de $47\frac{1}{2}$ lieues courues sur l'O 6 deg. N. Nous pouvons nous dispenser de répéter que la quantité du chemin de chaque route particulière a été mesurée avec le Loch, & que le rumb de vent que nous regardons comme estimé, a cependant déjà été corrigé de l'erreur de la dérive & de celle que produit la variation de la Bouffole. Nous le nommons *estimé*, malgré toutes ces corrections; parce qu'il peut encore se trouver sujet à de très-grandes erreurs, de même que la quantité du chemin.

169. Les trois colonnes suivantes ont rapport à la variation de la Bouffole, dont la connoissance a servi à rectifier les rumb de vent déjà marqués. Ces trois colonnes auront ordinairement de grands vuides, parce qu'on n'observe pas en Mer la variation aussi souvent qu'on le souhaiteroit. On se ressouvient qu'il faut observer à combien de distance le Soleil se lève ou se couche de l'Est ou de l'Ouest de la Bouffole*, & qu'on compare cette distance avec celle que fournit le calcul. L'une est l'amplitude observée, & l'autre l'amplitude calculée. Les amplitudes occases marquées vis-à-vis du Mercredi 4, appartiennent au Mardi au soir, à cause de notre manière de compter les jours.

* Voy. ci-devant No. 67.

170. La neuvième & la dixième colonnes marquent la latitude & la longitude du point estimé. On y voit pour chaque midi l'endroit de la Mer où le Pilote croit être; c'est ici son point estimé, qu'il entreprend de corriger, lorsque le Ciel lui permet d'observer la latitude. Il l'observa le 3 à midi, & il corrigea en conséquence son point dont la latitude & la longitude sont marquées dans la onzième & la douzième colonnes. Le Pilote employa ensuite les latitude & longitude de ce jour-là, pour trouver celles du 4 & du 5 par le moyen des routes estimées, mais comme il n'eut point d'observation de latitude ces deux mêmes jours, sa Navigation n'est qu'estimée. Le 6 il observa la latitude de 19 deg. 25 min. lorsqu'il croyoit être par

19 deg. 5 min. & il dût alors corriger son point, au moins quant à la latitude.

171. On continue ainsi de jour en jour jusqu'à la fin de la Navigation ; mais on doit se tenir sur ses gardes dans le tems même qu'on se croit encore assez loin de terre , & ne donner toujours qu'une médiocre confiance à son travail. Il faut aller de nuit à petites voiles , lorsqu'il n'y a point encore de péril à craindre ; & il est même de la prudence quelquefois, lorsque les nuits sont longues & obscures , de reprendre un peu le large , c'est-à-dire , de courir non pas parallèlement à la Côte , mais de s'en écarter de quelque quart de vent. L'usage de la Sonde est d'un grand secours dans ces rencontres. Il suffit quelquefois de sçavoir combien il y a de fond ou de profondeur d'eau pour pouvoir avec l'observation de la latitude , marquer sur la Carte l'endroit où l'on est. On trouve dans certains Parages le fond à plus de 150 lieues de distance de terre ; & il va insensiblement en montant à mesure qu'on avance.

172. Les Pilotes ont des Livres qu'ils consultent & qu'ils nomment *Routiers*. Ces Livres indiquent, non-seulement la profondeur de l'eau , mais toutes les qualités du fond : ils marquent si ce fond est de vase , ou de sable , mêlé de coquilles , de petites pierres colorées , &c. Toutes les différences qu'on peut reconnoître par la Sonde , se réduisent à cinq ou six ; & on pourroit fort aisément les écrire en abrégé sur les Cartes mêmes , à côté des brasses d'eau. Les lettres initiales suffiroient , ou bien on emploieroit quelques autres marques qu'on expliqueroit dans quelque endroit de la Carte.

III.

De la Manière de Sonder.

173. Il est très-facile de sonder dans les Mers peu profondes ; mais l'opération est longue & pénible, lors-

qu'en venant de loin, on veut sonder dans des endroits où il y a une grande profondeur d'eau. Il faut alors se servir de cordes ou de lignes de sonde beaucoup plus grosses, & on est aussi obligé de mettre à l'extrémité des poids beaucoup plus pesans, des plombs, par exemple, de 60 ou 80 livres, au lieu de ceux de 20 ou 30 livres qui suffisent ordinairement. Ces poids ont la forme conique ou de pains de sucre, & ils ont toujours en-dessous un creux dans lequel on met du suif. Cette matière, en s'appuyant sur le fond, se charge de quelques-unes des parties terrestres qui sont en-bas, ou reçoit l'impression du rocher, s'il n'y a rien autre chose.

174. On ne peut pas sonder, pendant que le Navire fait voile, car le choc de l'eau empêcheroit le plomb de descendre, & exposeroit la ligne à se rompre. Il faut donc nécessairement s'arrêter, ou mettre côté à travers. Plusieurs Matelots se mettent autour du Navire par-dehors; ils soutiennent la ligne; & lorsque tout est prêt, ils lâchent à leur tour la portion qu'ils tenoient, & ils ne la lâchent qu'autant qu'il est nécessaire, afin de sentir, s'il est possible, la diminution que doit recevoir tout-à-coup le poids total, lorsque le plomb vient à s'appuyer sur le fond.

175. « Je ne sçache personne qui ait bien expliqué » pourquoi il est si difficile de sonder les endroits très- » profonds de la Mer, ceux, par exemple, qui ont plus » de 200 brasses de profondeur. On s'imagine ordinaire- » ment que la corde ou ligne de sonde est plus légère que » l'eau, & que lorsqu'elle est très-longue, elle fait flotter » le plomb qui est à son extrémité. Il me vint en pensée, » lorsque j'étois dans cette persuasion, qu'on pourroit aug- » menter beaucoup & autant qu'on le voudroit, la pe- » santeur du poids, sans exposer la corde à se rompre. » C'étoit de distribuer le poids par parties, & de les met- » tre de distance en distance le long de la ligne de sonde. » Le poids partagé de cette sorte, peut se trouver assez » grand pour entraîner le tout en-bas, & on le diminuera

réellement en retirant la ligne à bord, puisque cette partie de la ligne amenera avec elle une partie du poids. Je partoisi d'une fausse supposition : car il est certain que les lignes de sonde, de même que les autres cordes dont on se sert dans les Vaisseaux, sont plus pesantes que l'eau de Mer, & qu'elles vont en-bas, sans qu'il soit nécessaire d'y joindre aucun poids étranger. Mais peut-être que l'expédient auroit néanmoins son utilité pour sonder dans les endroits extrêmement profonds. Au lieu de se servir de plombs de 140 ou de 150 livres, comme on feroit quelquefois tenté d'en employer, afin de rendre leur poids plus considérable par rapport à la pesanteur de la ligne, on pourroit se contenter de mettre en-bas un plomb de 50 ou 60 livres, & en ajouter d'autres de 18 ou 20 livres, de 80 brasses en 80 brasses, ou de 100 en 100.

176. On peut, en se proposant le même but, avoir recours à un moyen tout contraire. Pour rendre la pesanteur du plomb relativement plus grande, il n'y a qu'à diminuer celle de la ligne, & pour diminuer cette dernière dans la Mer, il n'y a qu'à mettre sur la ligne des morceaux de liège, de distance en distance. On donneroit aux morceaux de liège la forme de fuseaux ; il faudroit qu'ils fussent coupés par la moitié, selon leur longueur, & qu'ils s'ouvrissent comme s'ils avoient une charnière. On les fermeroient, en les attachant avec force sur la corde, qui auroit des nœuds pour les arrêter ; & on les mettroit en place avec la même facilité qu'on les ôteroit. Il seroit facile, en faisant l'essai d'avance dans une baille pleine d'eau, de voir si on a appliqué assez de ces morceaux de liège, pour faire flotter les différentes parties de la ligne pliée en paquet, & si on a donné au tout une parfaite indifférence à monter & à descendre. On ne ressentiroit après cela, en sondant, que la seule pesanteur du plomb qui seroit à l'extrémité de la corde ; & il semble que lorsque ce poids s'appuyeroit sur le fond,

» on s'en appercevroit beaucoup plus aisément.

177. » Cependant j'avouerai avec ingénuité que l'opération me paroît toujours extrêmement difficile. L'assemblage de corde & de morceaux de liége forme non-seulement un grand volume, il forme une grande masse, qui n'est pas exempte d'inertie, & qui ne prend du mouvement qu'en résistant beaucoup. Quand même cette masse seroit parfaitement en équilibre avec l'eau de Mer, elle ne viendra pas sans peine, lorsqu'on tirera en haut, ou lorsque le Navire agité par une grosse Mer, s'élèvera brusquement. Lorsqu'on sonde dans un lac, ou dans une eau dormante, on a en haut un point parfaitement fixe; & rien ne trouble, ou ne peut rendre irrégulière l'action que fait sur la main la pesanteur du plomb. Mais ce n'est pas la même chose, lorsque le poids est d'environ cent livres, & lorsqu'on est dans un Vaisseau qui s'enfoncé, & qui s'élève tout-à-coup. La ligne de sonde a presqu'un mouvement continuel de trop violentes secousses à soutenir, & il n'est pas aisé de démêler dans cet effort, qui n'est que trop capable de blesser les Matelots, la partie qui est causée par la pesanteur du poids.

178. » Tout ce qu'on peut faire de plus, c'est de choisir l'endroit du Navire où il y a le moins de mouvement. Cet endroit se trouve aux environs du grand mât. Il est certain que le milieu du pont conserve toujours à peu près la même hauteur au-dessus de la surface de la Mer; lorsque le Navire s'incline d'un côté, l'autre flanc s'élève. Ainsi on peut mettre deux poulies, l'une à droite & l'autre à gauche, pour soutenir la ligne de sonde, lorsque sa partie qui est dans l'eau sera déjà fort longue; & on appliquera à la seconde extrémité de la corde un contrepoids, qui descendra dans la Mer de l'autre côté du Navire. Cette espèce d'équilibre entre les deux parties de la ligne, doit contribuer à rendre plus sensible la différence de pesanteur, selon que le plomb s'appuyera ou ne s'appuyera pas sur le fond. Cependant l'expérience seule

seule doit nous apprendre si ces différens expédiens peuvent réussir. »

CHAPITRE VII.

Du Flux & Reflux de la Mer.

I.

179. **L**ORSQU'ON est parvenu à l'ouverture d'un Port, on ne peut pas toujours y entrer, quoique le vent soit favorable: il faut souvent attendre le flux, ou que la mer soit pleine, si on est sur les côtes de l'Océan; & l'affujétissement est à peu près le même lorsqu'on veut sortir du port. Tout le monde sçait que nos côtes sont sujettes à une espèce d'inondation de la part de la Mer deux fois le jour. Les eaux montent pendant environ six heures: ce mouvement, qui est quelquefois assez rapide, & par lequel la Mer vient couvrir nos plages, se nomme le *flux* ou le *flot*. Les eaux, lorsqu'elles sont parvenues à leur plus grande hauteur, restent à peine un demi quart d'heure dans cet état: la Mer est alors *pleine*, ou elle est *étale*. Elle commence ensuite à descendre, & elle le fait pendant six heures, qui forment le tems du *reflux*, de l'*ébe* ou du *jusant*. La Mer en se retirant parvient à son plus bas terme, qu'on nomme *basse Mer*, & elle remonte presque aussi-tôt. Il se fait un autre flux, qui dure également six heures, & ainsi toujours de suite.

180. Chaque mouvement de la Mer n'est pas précisément de six heures; elle met ordinairement un peu plus à venir, & un peu plus à s'en retourner. Ces deux mouvemens contraires sont même considérablement inégaux dans certains ports, principalement dans l'entrée des rivières; mais les deux ensemble font toujours plus de 12 heures; ce qui est cause que la pleine Mer, ou chaque

marée, ne se fait pas à la même heure le soir que le matin. Elle arrive environ 24 minutes plus tard ; & d'un jour à l'autre il se trouve environ 48 minutes de retardement. C'est-à-dire, que s'il est pleine Mer aujourd'hui dans un Port à neuf heures du matin, il n'y fera pleine Mer ce soir qu'à 9 heures 24 min. & demain à 9 heures 48 min. du matin, & le soir à 10 heures 12 min. C'est aussi la même chose à l'égard des basses Mers ; elles retardent également d'un jour à l'autre de 48 minutes, & du matin au soir de 24 minutes.

181. Ce retardement étant connu, on peut, si l'on a été attentif à l'instant de la marée un certain jour, prévoir à quelle heure il fera pleine mer dans le même Port un autre jour, & faire ses dispositions à propos, si on est dans un Navire, pour sortir du port ou pour y entrer ce jour-là. Chaque jour les marées retardent de 48 minutes, ou de 3 quarts d'heure & de 3 minutes ; ainsi en cinq jours elles doivent retarder de 15 quarts d'heure & de 15 minutes, c'est-à-dire, de 4 heures ; ce qui donne la facilité de trouver leur retardement, à proportion pour tout autre nombre de jours. Elles doivent retarder de 8 heures en 10 jours, & de 12 heures en 15 jours. Or il suit de-là que les marées reviennent exactement aux mêmes heures tous les quinze jours ; mais que celles qui se faisoient le matin se font le soir, & celles qui arrivoient le soir, se font le matin. A la fin de quinze autres jours elles reprennent leur premier ordre.

182. Il suffit toujours, selon ce que nous venons de dire, de faire la proportion ou règle de Trois suivante, pour trouver le retardement des marées, pour quel nombre de jours on veut. Si l'on demande combien la pleine Mer doit se faire plus tard au bout de 11 jours : Je dis, si 5 jours produisent 4 heures de retardement dans les marées, combien 11 jours en doivent-ils produire ? Je multiplie 11 par 4, & divisant le produit 44 par 5, il me vient 8 au quotient, qui marque que le retardement est de 8 heures ;

mais il reste 4 à la division, & chaque unité qui reste vaut un cinquième d'heure, ou 12 minutes. Ainsi les marées doivent arriver plus tard de 8 heures 48 minutes, au bout de 11 jours. S'il est pleine mer aujourd'hui dans un certain Port à 9 heures du matin, il sera pleine Mer dans ce même Port en 11 jours à 9 heures augmentées de 8 heures 48 min. qui est la quantité du retardement; c'est-à-dire, qu'il y sera pleine Mer à 5 heures 48 min. du soir.

II,

*De l'Accord qu'il y a entre le Flux &
le Reflux, & les Mouvements du
Soleil & de la Lune.*

183. Les marées ne se faisant pas à la même heure chaque jour, c'est une marque qu'elles ne dépendent pas uniquement du mouvement du Soleil. Elles dépendent beaucoup davantage du mouvement de la Lune, qui retarde également de 48 min. chaque jour à revenir aux mêmes points du Ciel, comme nous l'expliquerons dans la suite. On dit que la Lune est *nouvelle*, lorsqu'elle passe vis-à-vis du Soleil, parce qu'on cesse alors de la voir, & qu'elle doit reparoître peu de tems après, ou comme se *renouveler*. Au bout de 15 jours la Lune se trouve à l'opposite du Soleil; elle paroît alors toute ronde, & on dit qu'elle est *pleine*. Mais lorsqu'elle n'est éloignée du Soleil que de 90 degrés, soit après l'avoir quitté, ou soit lorsqu'elle vient le rejoindre, sa partie lumineuse n'est que comme la moitié d'un cercle, & on nomme ces deux apparences ou *Phases*, les *Quadratures* qui arrivent sept jours & demi après les nouvelles ou pleines Lunes. Ce que nous venons de dire suffit pour faire entrevoir aux Lecteurs le parfait accord qu'il y a entre le flux & reflux, & les mouvements du Soleil & de la Lune. Les marées retardent tous les jours de 48 minutes, & elles reviennent à la même heure au bout

de 15 jours, & au bout d'un mois ou de 29 jours & demi, non pas lorsque la Lune est revenue exactement au même point du Ciel, mais lorsqu'elle a repris sa même situation par rapport au Soleil. Forte preuve que les deux Astres ont part à l'effet; & toutes les autres circonstances le confirment.

184. Les marées sont plus fortes de 15 jours en 15 jours : c'est ce qui arrive à toutes les nouvelles & pleines Lunes, ou lorsque les deux Astres agissent ensemble sur le même point de la Mer. On donne le nom de *grandes eaux* à ces plus fortes marées, on les nomme aussi *Malines* ou *reverdies*. Dans certains tems de l'année les deux Astres exercent encore mieux leurs forces, ils répondent au-dessus de l'Océan vers le milieu de la Terre, ou vers l'Equateur. La Mer monte alors beaucoup davantage, & elle descend aussi plus bas : c'est ce qui arrive vers les commencemens d'Avril & d'Octobre. Enfin le Soleil & la Lune ne conservent pas toujours la même distance à la Terre. La Lune principalement est sujette à se reculer dans le Ciel, par rapport à notre Globe, & d'autres fois elle s'en approche. Une médiocre attention fait appercevoir ce changement de distance; la Planète nous paroît plus petite ou plus grande. Mais toutes les fois qu'elle est plus voisine & qu'elle devient comme plus grande par rapport à nous, son action sur la Mer est aussi plus forte : c'est ce que nous apprennent toutes les observations.

185. » Il y a tout lieu de penser que le flux & reflux de
 » la mer est une suite de la pesanteur universelle que nous
 » remarquons dans toute la Nature, & qui paroît en constituer une des premières Loix. Toutes les parties de
 » matiere pesent un peu les unes vers les autres; elles
 » ont une force secrete pour s'approcher ou pour s'unir.
 » Cette force arrondit les gouttes de liqueur; elle fait que
 » deux gouttes d'eau se confondent aussi tôt qu'elles se touchent; elle conserve la figure à peu près sphérique qu'a
 » la Terre, & qu'ont tous les corps célestes : elle produit

une infinité d'autres effets, dont ce n'est pas le lieu de « parler. Nous ressentons ici bas notre pesanteur vers la « Terre, parce que nous en sommes très-voisins; mais « cela n'empêche pas que toutes les parties de notre Globe « n'ayent une petite tendance ou une très-foible pesanteur « vers le Soleil & vers la Lune. Lorsque ces deux Astres, « dont l'un est très-gros & l'autre très-proche de nous, ré- « pondent sur l'Océan, les eaux s'élèvent un peu; parce « que leur tendance vers le haut, est en déduction de « leur pesanteur vers le bas. Si l'étendue de l'Océan étoit « beaucoup plus petite, l'effet seroit absolument insensible, « mais la grandeur des Mers le rend considérable, & il « doit se manifester principalement sur les côtes; de même « que l'agitation d'une liqueur se rend plus sensible vers « les bords du vase qui la contient. »

186. Si les deux Astres agissent ensemble, s'ils ré- « pondent l'un & l'autre sur le milieu de la Mer; si outre « cela la Lune est dans une de ses moindres distances à la « Terre, l'effet est alors fort grand. Si au contraire la Lune « est dans une de ses quadratures, si elle est éloignée du « Soleil de 90 degrez, & qu'elle soit en même tems dans « une de ses plus grandes distances de la Terre, l'effet sera « moindre, par une double raison. La Lune agira peu, & « son action sera contrariée par celle du Soleil. qui ten- « dra à faire élever les eaux dans un autre endroit. Dans ce « cas, qui arrive tous les quinze jours, & auquel on donne « le nom de *mortes-eaux*, la Mer monte moins, & elle « descend aussi moins; depuis le terme de la pleine Mer « jusqu'à celui de la basse Mer, il n'y a quelquefois que la « moitié de la hauteur qu'on observe dans les Malines.»

187. En général les marées du matin & du soir ne sont pas également fortes; il y a un choix à faire, lorsqu'on veut sortir d'un port, ou y entrer, & que ce Port n'est pas assez profond. Mais ce qu'il y a de très-remarquable, c'est que l'ordre de ces marées change au bout de six mois; c'est-à-dire, que si ce sont les marées du matin qui sont

actuellement les plus fortes, comme cela ne manque pas d'arriver en hyver, en six mois, ou un peu plus, elles seront les plus foibles. Ce sont effectivement les marées du soir qui sont les plus fortes en Eté; & il faut donc les préférer pour entrer dans les Ports & pour en sortir. Il arrive à peu près un égal changement, à l'égard des grandes marées des nouvelles Lunes, comparées aux grandes marées des pleines Lunes; elles sont aussi presque toujours inégales, & la différence est quelquefois de plusieurs pieds; mais au bout de six mois les plus fortes marées deviennent les plus foibles, & les plus foibles deviennent les plus fortes. Cet effet doit être principalement attribué à la Lune, qui n'est pas à la même distance de la Terre au bout de six mois, lorsqu'elle est dans la même situation par rapport au Soleil. Si elle se trouve maintenant à sa moindre distance dans le tems des nouvelles Lunes, en six mois ce sera tout le contraire, elle sera à sa moindre distance dans le tems des pleines Lunes.

188. Au surplus les Malines n'arrivent pas précisément les jours des nouvelles & pleines Lunes, mais un jour & demi ou deux jours après. Les plus petites marées, ou les *mortes-eaux*, ne concourent pas exactement non plus avec les quadratures; elles tombent un jour & demi plus tard. Les marées ont rapport à tous les autres effets qui demandent du tems pour recevoir peu à peu leur augmentation, par l'action réitérée de la même cause ou du même agent. Après qu'elles ont été fort grandes, 1 ou 2 jours après la nouvelle ou la pleine Lune, elles vont en diminuant, jusqu'à un jour & demi après la quadrature, & elles s'augmentent ensuite jusqu'à la pleine ou nouvelle Lune suivante. Il se trouve la différence que nous avons dite entre les marées du soir & du matin, de même qu'entre les Malines; mais c'est une règle générale que toutes les fois que la Mer monte davantage par son flux, elle descend aussi davantage par son reflux. Lorsque toutes les circonstances sont favorables pour produire une très-grande maline vers le

commencement d'Avril ou d'Octobre, la Mer en se retirant laisse aussi à sec une plage beaucoup plus grande qu'à l'ordinaire. On voit alors à découvert des bancs de sable & des écueils, qui sont cachés pendant tout le reste de l'année.

III.

De la Grandeur des Marées dans les différents endroits de la Terre.

189. Les Mers qui ont peu d'étendue, ne sont pas sujettes à avoir de marées, parce qu'en tout tems l'action du Soleil & de la Lune est à peu près la même sur une de leurs extrémités que sur l'autre. La Mer Méditerranée n'a presque pas de flux sensible, par cette raison; on y en remarque seulement un peu dans le fond de ses Golfes. Lorsqu'on avance dans l'Océan, beaucoup vers les Poles, on y trouve des marées toujours moins considérables. Le Soleil & la Lune agissant vers l'Equateur, & soulevant continuellement les eaux vers le milieu de la Zone torride, les Poles doivent en être comme continuellement privés: ainsi la Mer doit être toujours basse vers ces deux extrémités de notre globe. Cependant elle n'est pas réputée telle, parce que c'est son état ordinaire. Dans les autres Régions, la disposition des côtes & leur gissement décident presque totalement de la grandeur du flux & reflux.

190. La Mer ne monte que 17 à 18 pieds sur les côtes de Bretagne du côté du Sud, au lieu qu'elle monte de 50 pieds vers S. Malo & le Mont S. Michel. La Manche offre une très-grande ouverture aux eaux de l'Océan, & quand elles s'y trouvent une fois engagées, & qu'elles sont outre cela réfléchies par les côtes d'Angleterre vers celles de France, elles n'ont pas la liberté de refluer ou de rebrousser chemin, tant qu'il survient d'autres eaux qui les poussent dans le même sens; elles s'accumulent donc & elles forment ces grandes marées qu'on observe vers le Mont

S. Michel & Cancale. La même chose a lieu au-dessous de Bristol ou de l'embouchure du Fleuve Saverne, dans le canal de S. George : la Mer y monte de 45 pieds dans les Malines, & de 25 dans les mortes-eaux. Il arrive aussi quelque chose de semblable, & par la même raison, dans le golfe de Panama sur le bord de la Mer du Sud. Les Isles qui sont en pleine Mer, principalement si elles sont petites, ne forment pas un obstacle assez considérable pour fixer une grande masse, & les marées y sont foibles ; elles ne sont, par exemple, que de 7 à 8 pieds dans les Isles de Canaries. Elles sont de 11 ou 12 pieds sur les côtes de Portugal ; la disposition Nord & Sud de ces côtes hors de la Zone torride, n'est pas propre à arrêter les eaux, elle leur permet de glisser & d'aller plus loin. Nous n'entrons pas dans un plus grand détail sur toutes ces choses : les Navigateurs ne sont intéressés à sçavoir exactement dans cette matière que les faits seuls, & ils peuvent dans l'occasion consulter les routiers.

I V.

*De l'Etablissement des Marées, & de
la manière de Calculer l'Heure du
Flux & Reflux.*

191. Nous avons dit que les marées retardoient chaque jour de 48 min. & qu'elles ne revenoient aux mêmes heures que de 15 jours en 15 jours. Il est pleine Mer sur toute une étendue de côte à la même heure, mais selon que les Ports sont plus ou moins retirés dans les terres, & que leur ouverture est plus ou moins étroite, la Mer emploie plus ou moins de tems pour s'y rendre, & il y est pleine Mer plutôt ou plutôt tard. Chaque Port a donc son heure particulière ; outre que cette heure est différente chaque jour. Il a été naturel de considérer plus particulièrement les marées des nouvelle & pleine Lunes, & d'y rapporter

rapporter toutes les autres. On nomme *Etablissement*, cette heure à laquelle il est pleine Mer, lorsque la Lune est vis-à-vis du Soleil, ou qu'elle se trouve à l'opposite. A Brest c'est 3 heures 30 min. au lieu que l'*Etablissement* des marées au Havre de Grace est 9 heures, parce qu'il y est pleine Mer à cette heure-là les jours des nouvelle & pleine Lunes.

192. Nous nous dispensons de donner une Table de ces Etablissements; nous nous contentons d'en marquer un certain nombre en chiffres Romains dans la Carte de la Manche & dans l'autre petite Carte. On voit $1\frac{1}{2}$ auprès de Bellisle, parce qu'il y est pleine Mer aux nouvelles & pleines Lunes à une heure & demie. On voit aussi en jetant les yeux sur la même Carte que 3 heures est l'établissement des marées à l'entrée de la Loire, & qu'à Nantes c'est 8 heures.

193. La grande différence qui se trouve entre l'heure « des marées au bas de la Loire & à Nantes, est bien pro- « pre à montrer combien est mauvais l'usage où sont quel- « ques Pilotes d'exprimer l'établissement des Ports par les « rumbs de vent de la Bouffole. Ils se servent du Nord & « du Sud pour indiquer 12 heures; ils indiquent 6 heures « par l'Est & l'Ouest, 3 heures par le SE & le SO, &c. « Cet usage qui s'est introduit dans plusieurs livres, n'est « propre qu'à induire en erreur les personnes peu instrui- « tes, en leur faisant croire que ces prétendus rumbs de « vent, qui désignent l'établissement des marées, ont rap- « port à la direction des rivières, ou aux régions du mon- « de, vers lesquelles les entrées des Ports sont exposées. « Il n'est pleine Mer plus tard à Nantes qu'au bas de la Loi- « re, que parce que cette Ville est considérablement éloi- « gnée de la Côte, & qu'il faut du tems au flux pour y « faire sentir son effet. L'établissement des Ports dans la « Manche suit un ordre réglé, qui dépend uniquement du « plus ou du moins de chemin que font les eaux pour y « parvenir. J'ai vû à la Côte de Bretagne l'établissement «

» des marées au Croisic y changer d'environ un quart d'heure , parce qu'on rétrécit l'entrée de ce Port par une longue jettée. Il fallut ensuite quelque temps de plus à la Mer pour passer en quantité suffisante par l'ouverture moins large. Les choses peuvent avoir changé depuis , & être revenues à leur ancien état , quoique la jettée subsiste toujours. Ce petit Port s'est en partie comblé de sable ; sa capacité est bien moins grande qu'elle n'étoit il y a 20 ans , & les eaux qui y entrent ayant moins d'espace à remplir , doivent s'y mettre plus promptement de niveau avec celles du dehors.

194. On connoît sans peine l'établissement des marées dans un Port , lorsqu'on se trouve dans ce même Port le jour de la nouvelle ou pleine Lune ; mais si l'on s'y trouve un autre jour , l'heure de la pleine Mer sera différente , & il faudra avoir égard au retardement des marées , qu'on doit retrancher de l'heure de la pleine Mer qu'on a observée. Si en consultant un Calendrier , ou si par quelque autre moyen on trouve qu'il y a dix jours d'écoulés depuis la nouvelle ou pleine Lune , ces dix jours , comme nous l'avons vû cy - devant (N°. 182) donnent 8 heures de retardement : ainsi ces 8 heures doivent être retranchées de l'heure de la pleine Mer , & il restera l'établissement. Supposé , outre cela , que la pleine Mer soit arrivée à 2 heures après midi , je remarque que 2 heures du soir sont équivalentes à 14 heures du matin , & retranchant 8 heures de ce dernier nombre , il me vient 6 heures pour l'établissement du Port dont il s'agit.



*Connoissant l'Etablissement des Marées
pour un Port, trouver l'Heure de la
pleine Mer pour un jour proposé.*

195. Lorsqu'on connoît l'établissement d'un Port, ou l'heure à laquelle il est pleine Mer le jour de la nouvelle ou pleine Lune, il est très-facile de trouver l'heure de la pleine Mer pour tous les autres jours; puisqu'il suffit d'ajouter à l'établissement la quantité du retardement.

196. On me demande, par exemple, à quelle heure il sera pleine Mer au Havre de Grace le 21 Août 1754? Je cherche la nouvelle Lune dans ce même mois; elle arrivera le 18; ainsi le 21 il y aura 3 jours d'écoulés depuis la nouvelle Lune. Ces 3 jours produisent 2 heures 24 min. de retardement; & si on les ajoute à l'établissement des marées au Havre de Grace, qui est 9 heures 20 min. dans le Port, il viendra en tout 11 heures 44 min. pour le tems de la pleine Mer.

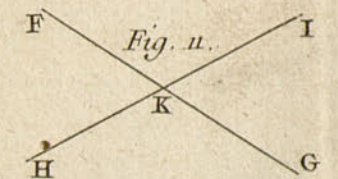
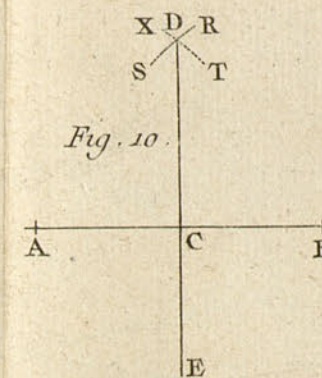
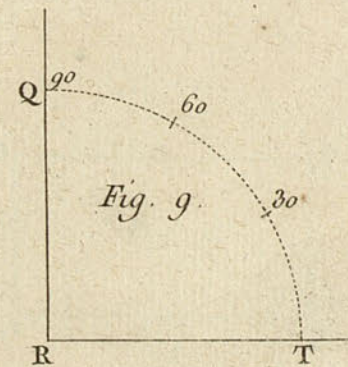
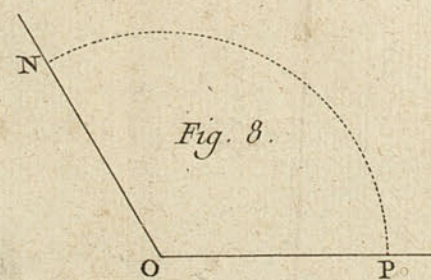
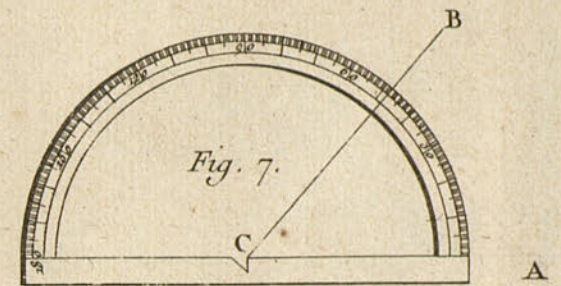
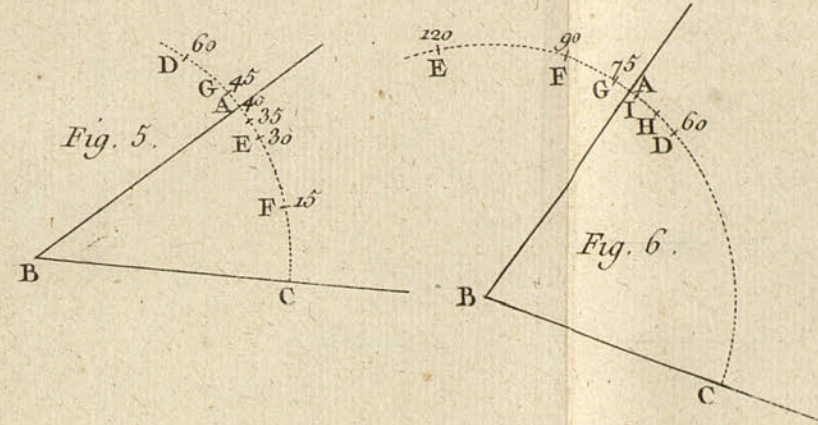
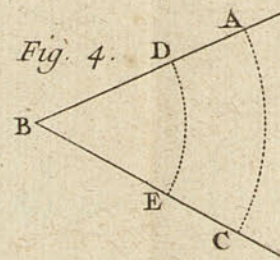
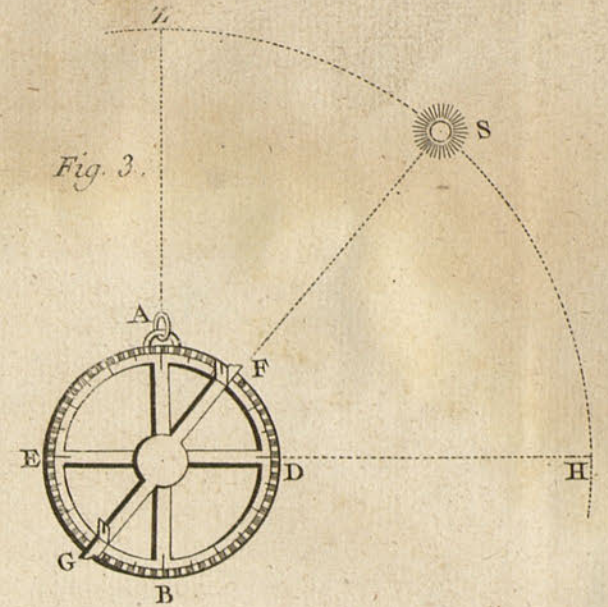
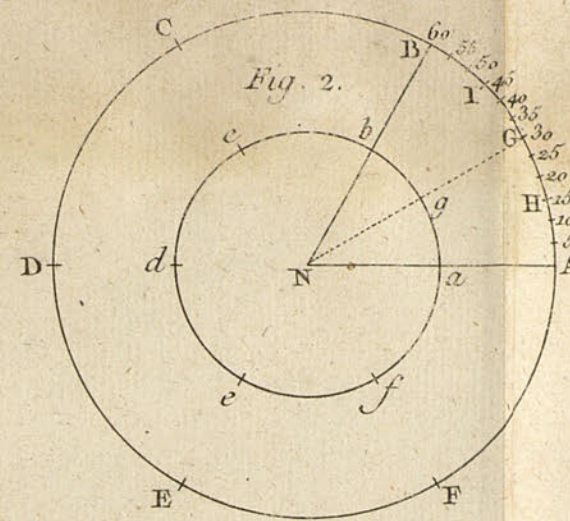
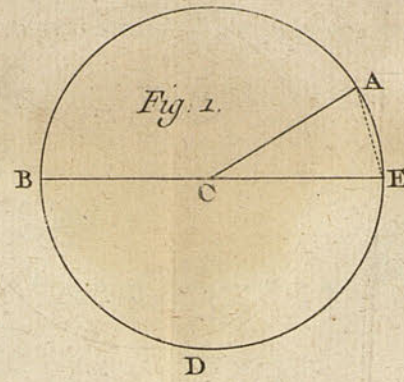
197. *Second Exemple.* On veut sçavoir à quelle heure il sera pleine Mer à Brest le 16 Janv. 1753. La nouvelle Lune arrivera le 4 de ce même mois, ce qui oblige de chercher le retardement des marées pour 12 jours. On trouve 9 heures 36 min. & les ajoutant à l'établissement de Brest qui est 3 heures 30 min. il vient 13 heures 6 min. C'est-à-dire, qu'il sera pleine Mer vers une heure un demi-quart après midi à Brest le 16 Janvier 1753. Nous expliquerons dans le premier Chapitre du quatrième Livre la manière de faire les Calculs précédens avec plus d'exactitude.

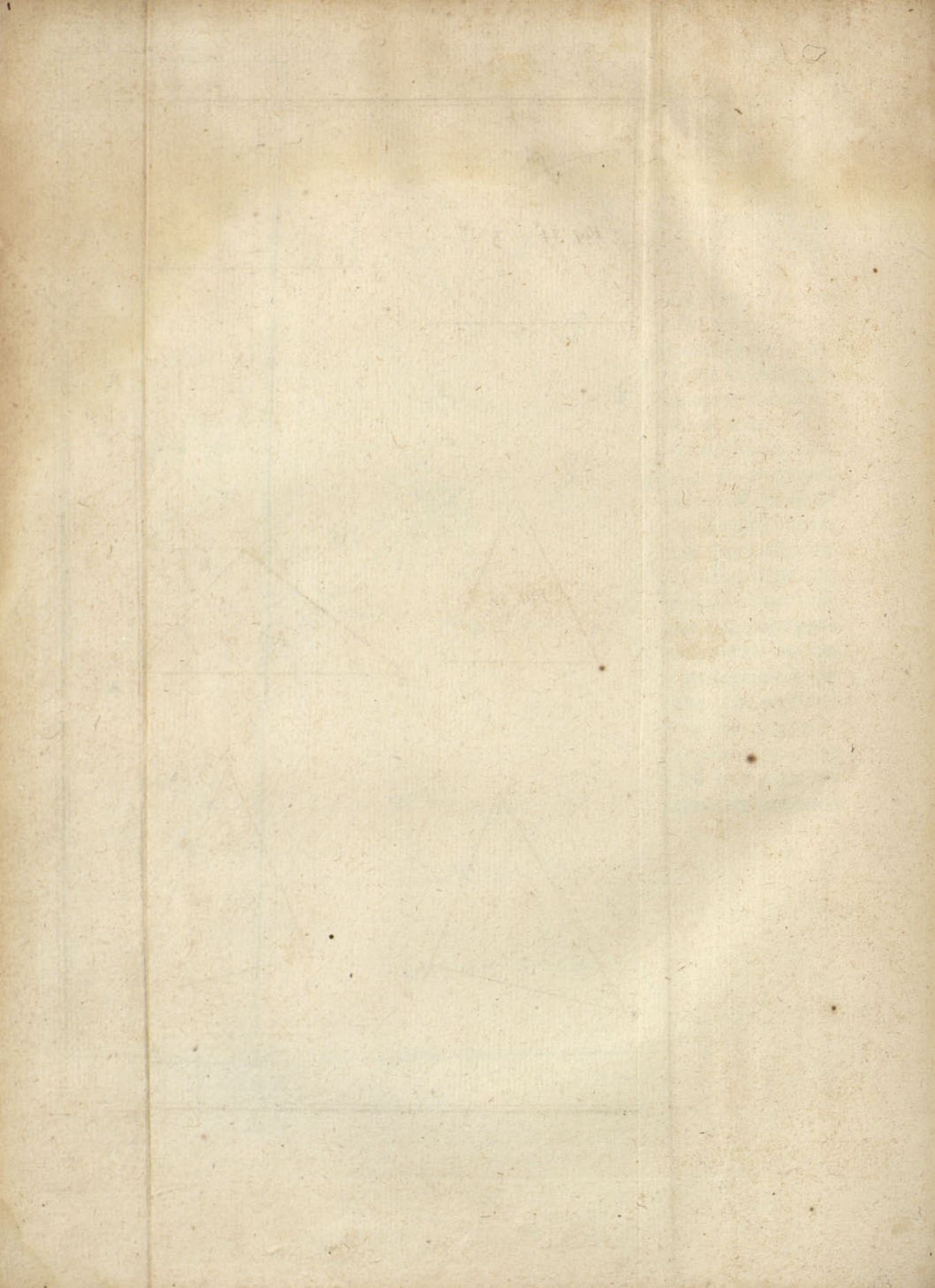
CONCLUSION DE CE SECOND LIVRE.

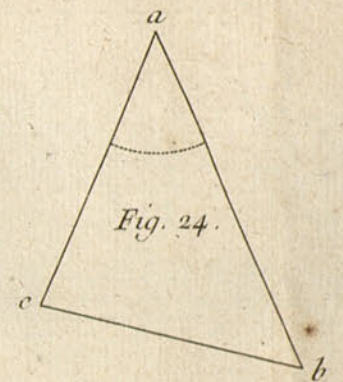
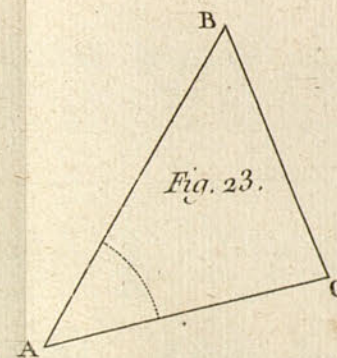
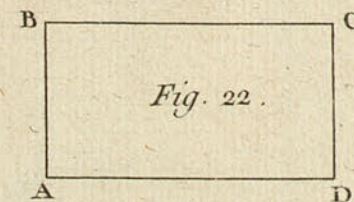
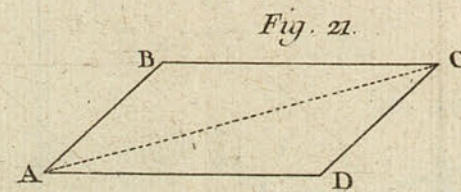
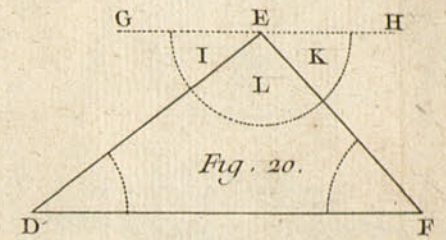
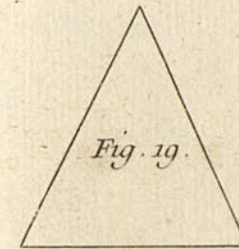
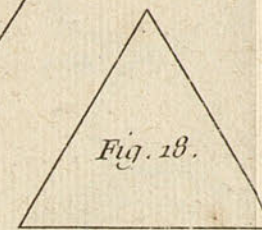
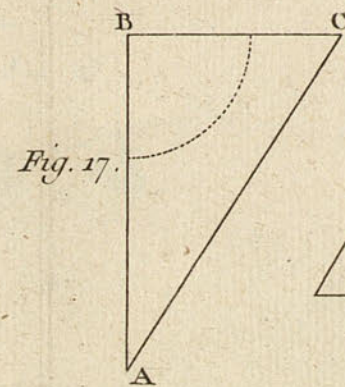
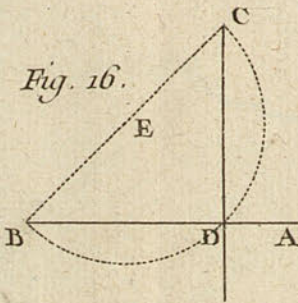
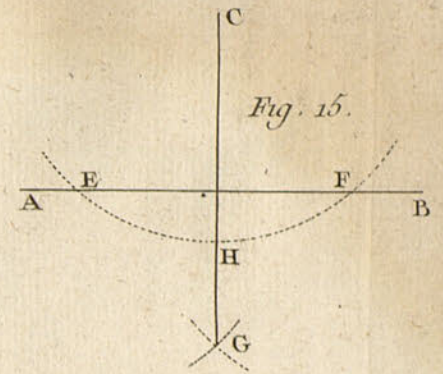
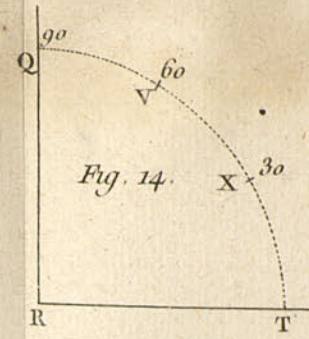
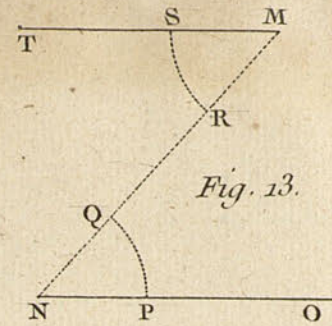
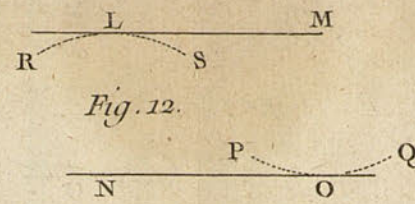
198. Nous terminerons ce second Livre, non pas en résumant les choses que nous venons d'expliquer, mais en indiquant en peu de mots celles dont il nous reste encore

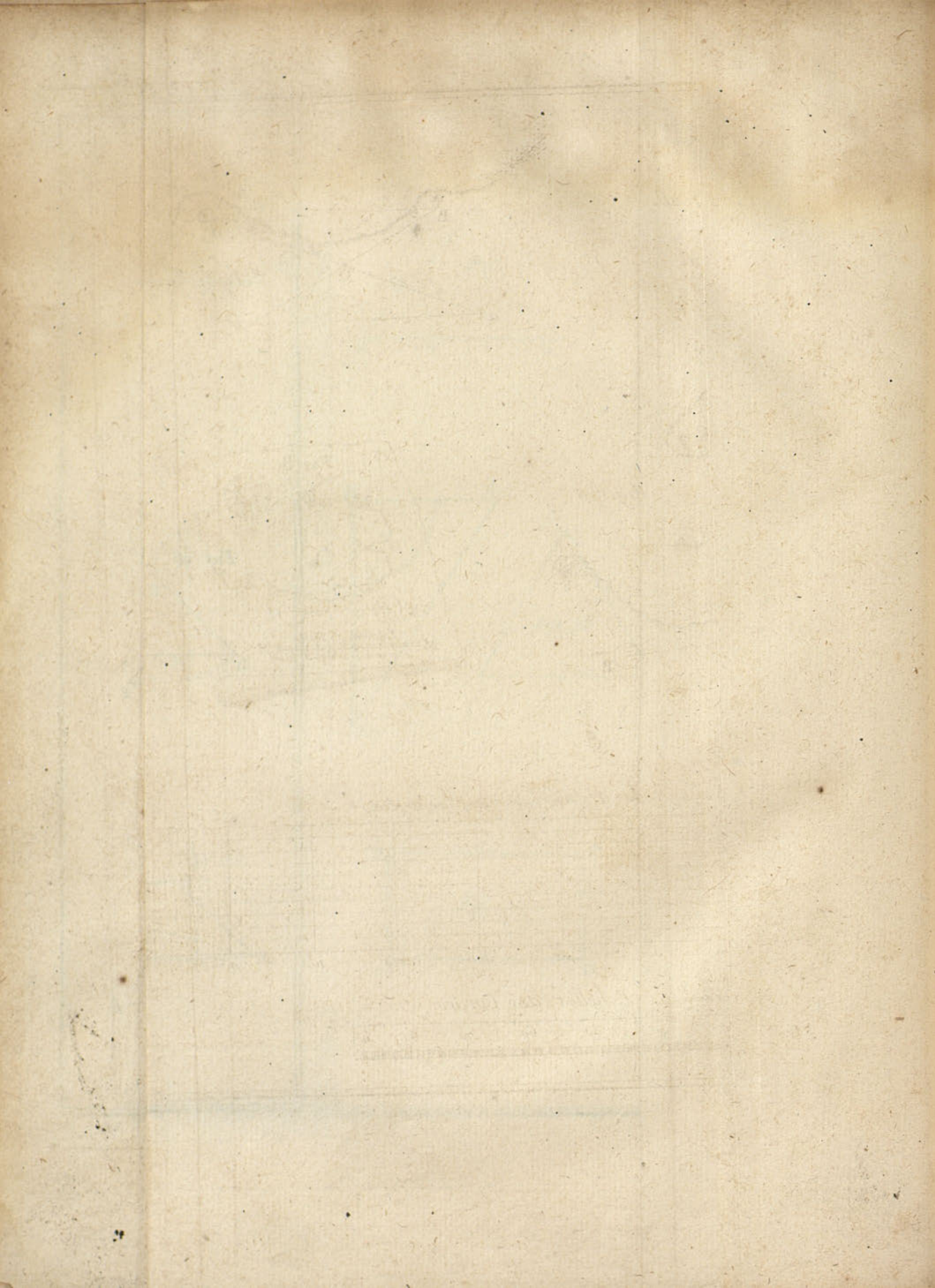
à parler, ou sur lesquelles il faut que nous insitions. On voit que nous devons prendre une plus grande connoissance des mouvemens du Soleil & de la Lune, & en général de la situation de tous les Astres, puisque nous sommes presque continuellement obligés d'avoir recours à la comparaison du Ciel dans les opérations du Pilotage. Nous ne pouvons découvrir la variation de la Bouffole, qu'en comparant l'amplitude que nous trouvons sur le compas, à l'amplitude que nous fournira le calcul; nous ne pouvons découvrir notre latitude qu'en observant combien notre Zénith est éloigné des Astres dont la situation doit nous être connue par rapport à l'Equateur du Ciel. Il nous faut aussi pour réussir à bien déterminer la latitude, nous servir d'instrumens plus commodes & meilleurs que celui qui est représenté dans la *Figure 3*. Nous avons donné dans le premier Livre (N^o. 94.) un moyen qui est exact & facile pour mesurer la distance du Soleil au Zénith; mais il ne peut servir qu'à terre, & il n'est propre que lorsqu'on veut observer le Soleil ou la Lune. Enfin à l'égard même de la réduction des routes, nous avons besoin d'une méthode meilleure dans la pratique, que celle que nous présente l'usage des Cartes Marines. Le plus souvent on ne court que de très-petites routes; & si on entreprenoit de les réduire ou de les compasser sur la Carte, la grosseur des pointes du compas en feroit presque toujours disparaître une grande partie. Un avantage considérable que nous retirerons des choses déjà expliquées, c'est que nous ne nous attacherons à rien désormais, dont nous ne connoissions d'avance l'utilité.

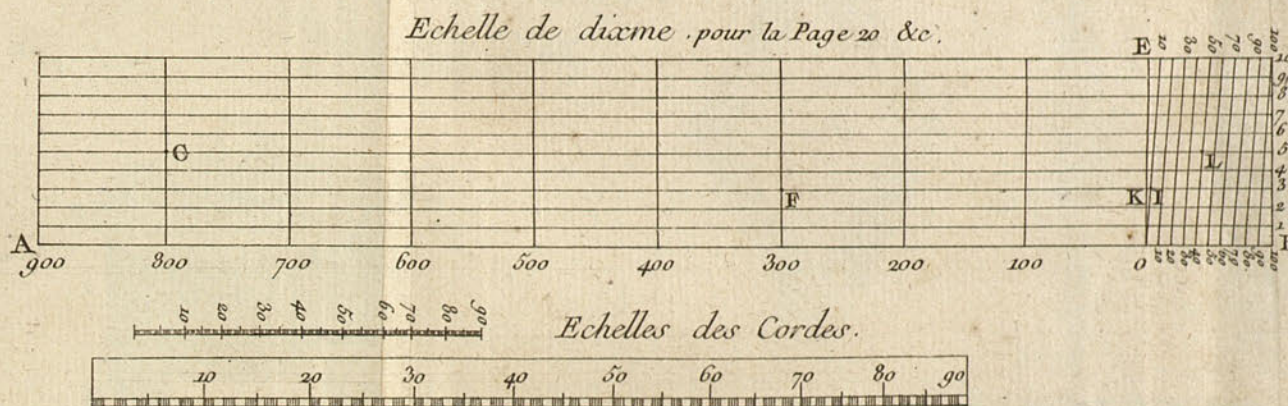
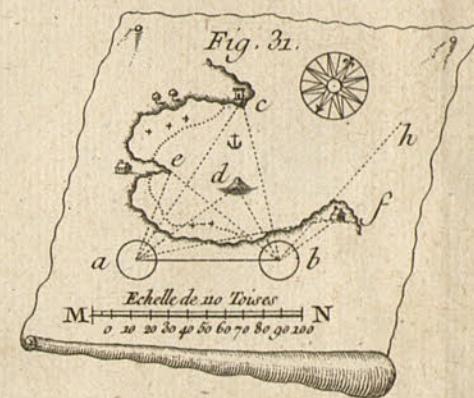
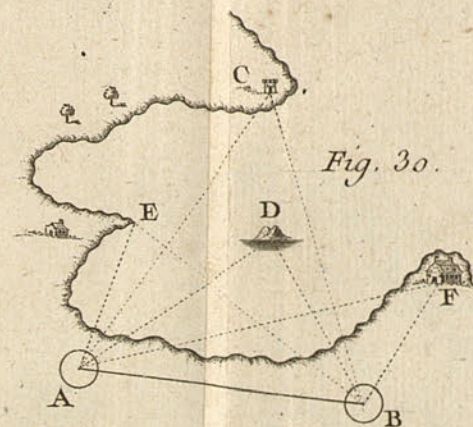
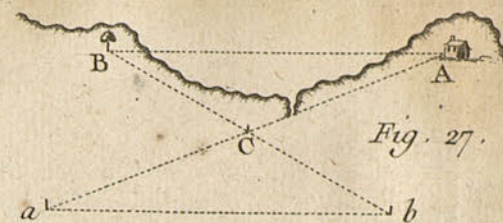
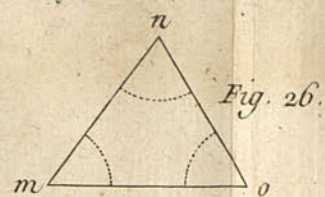
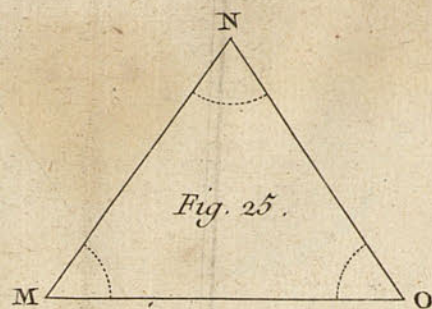


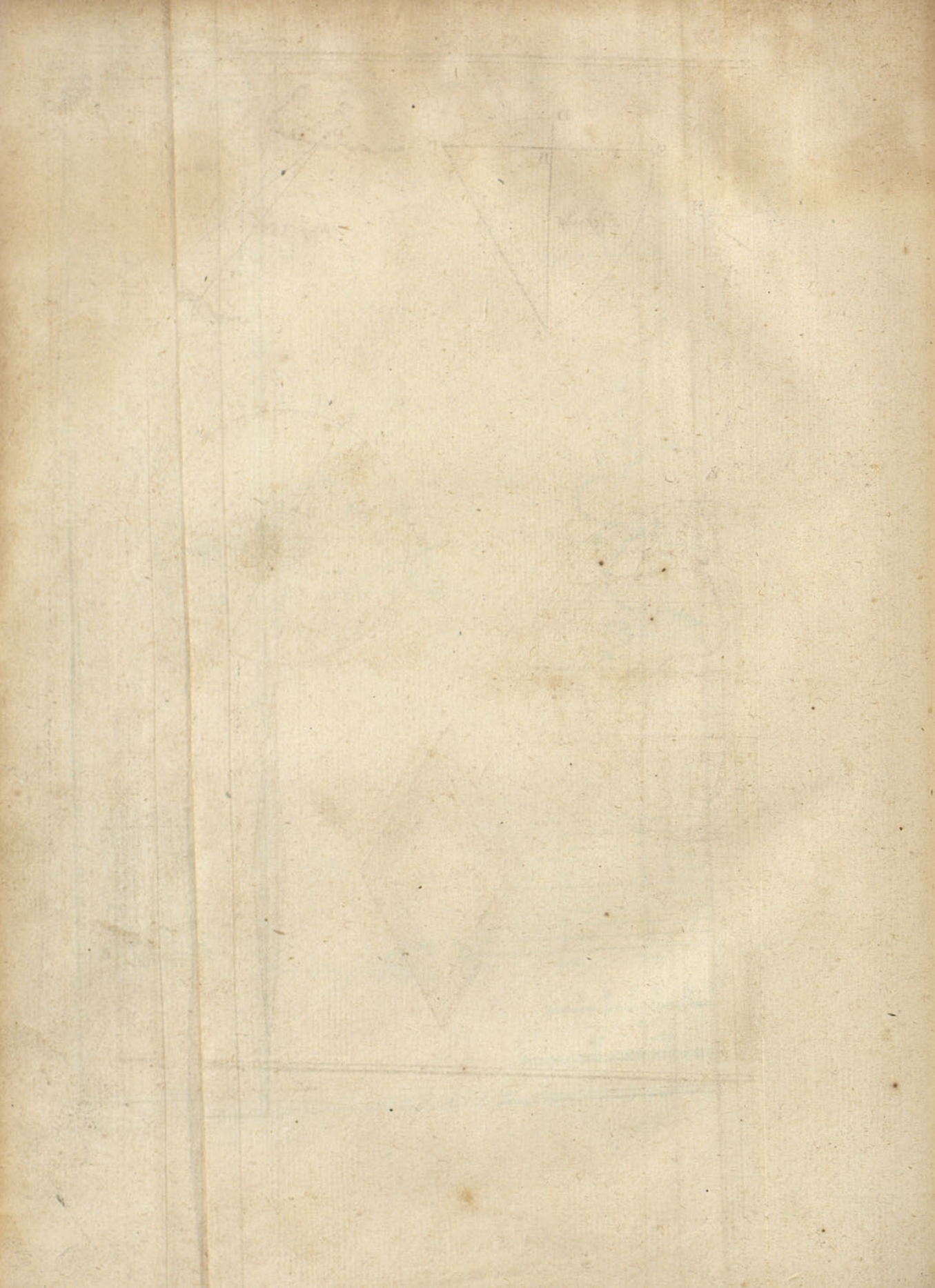


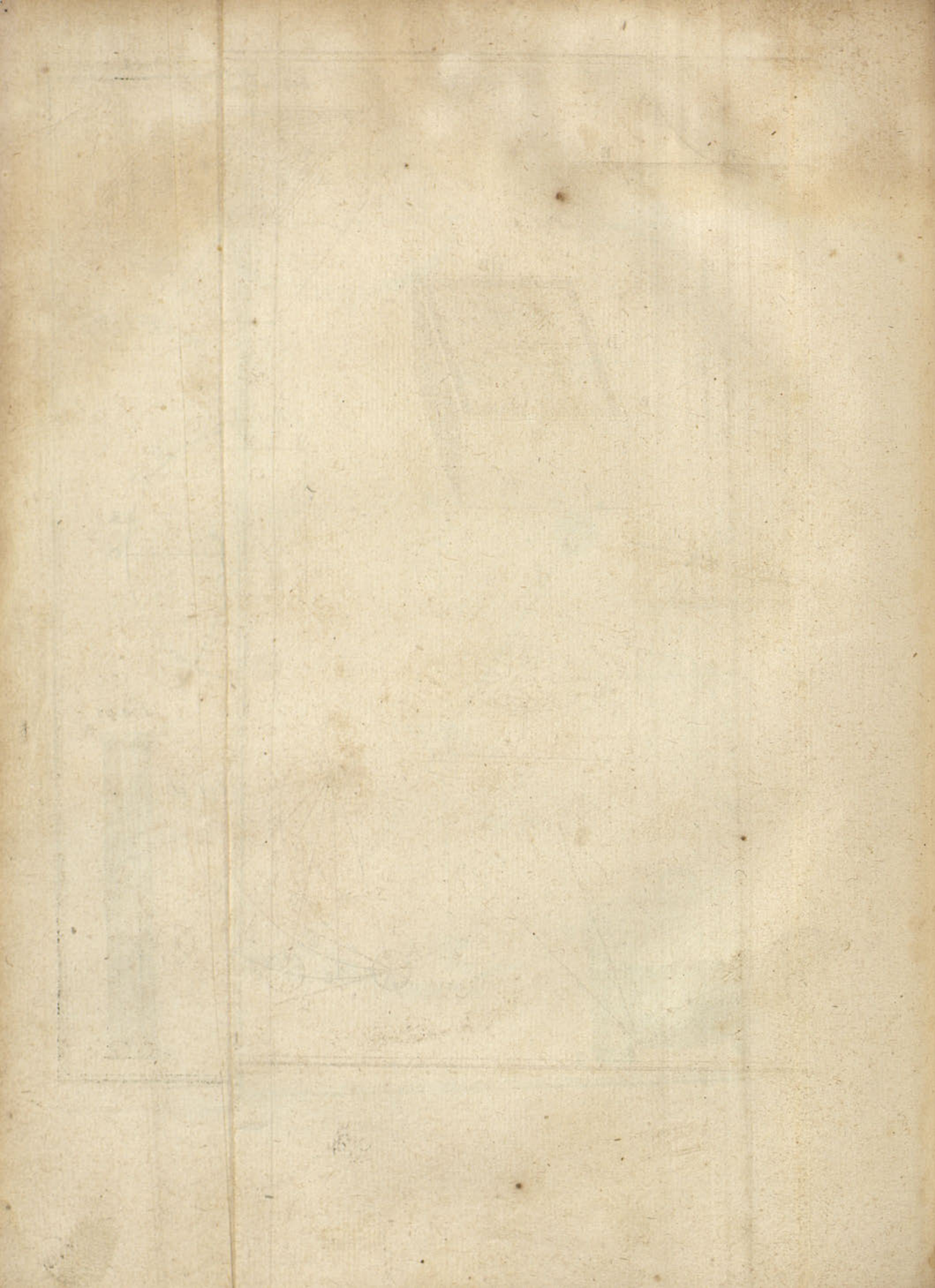


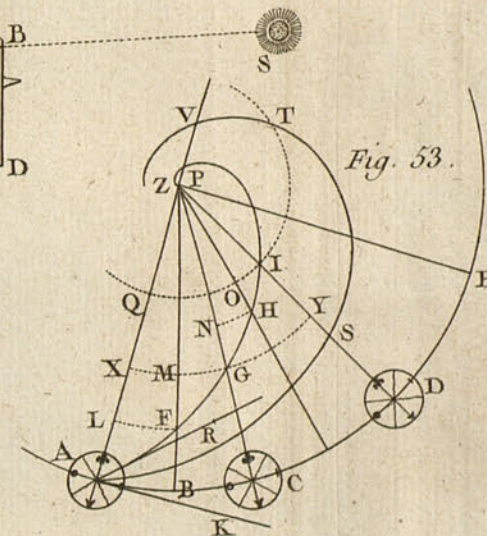
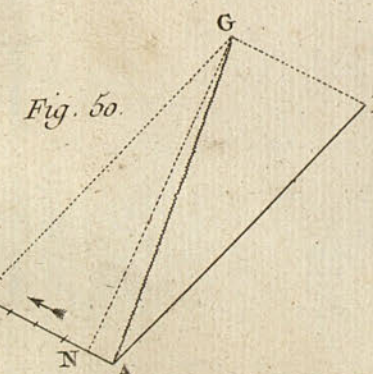
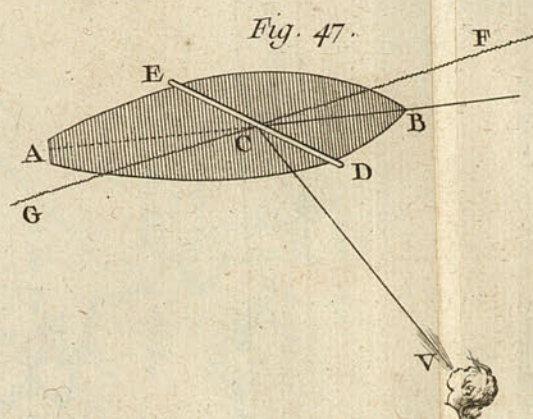
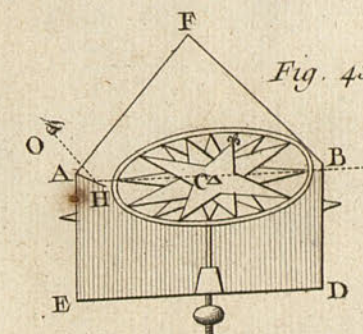
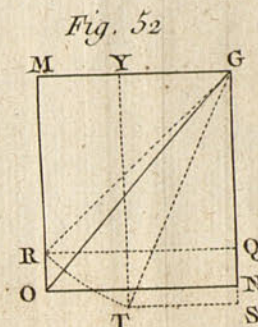
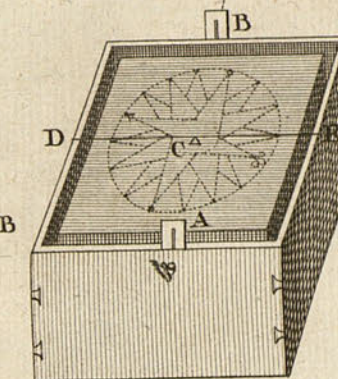
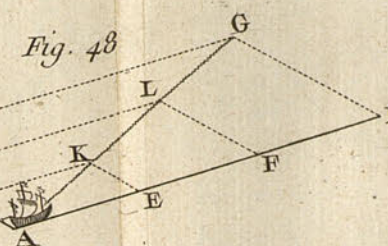
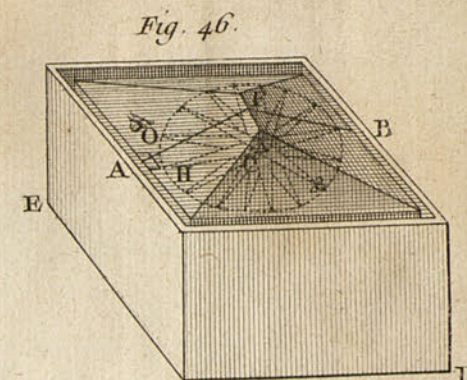
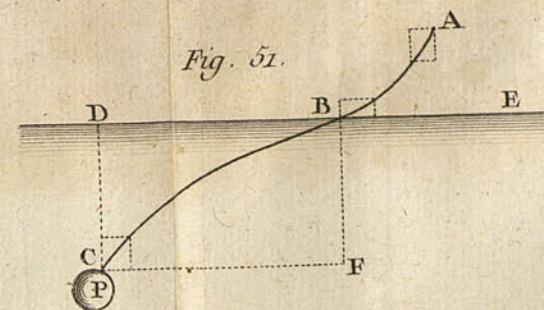
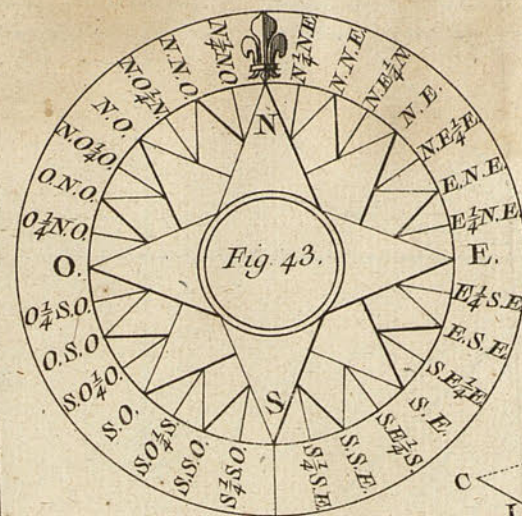


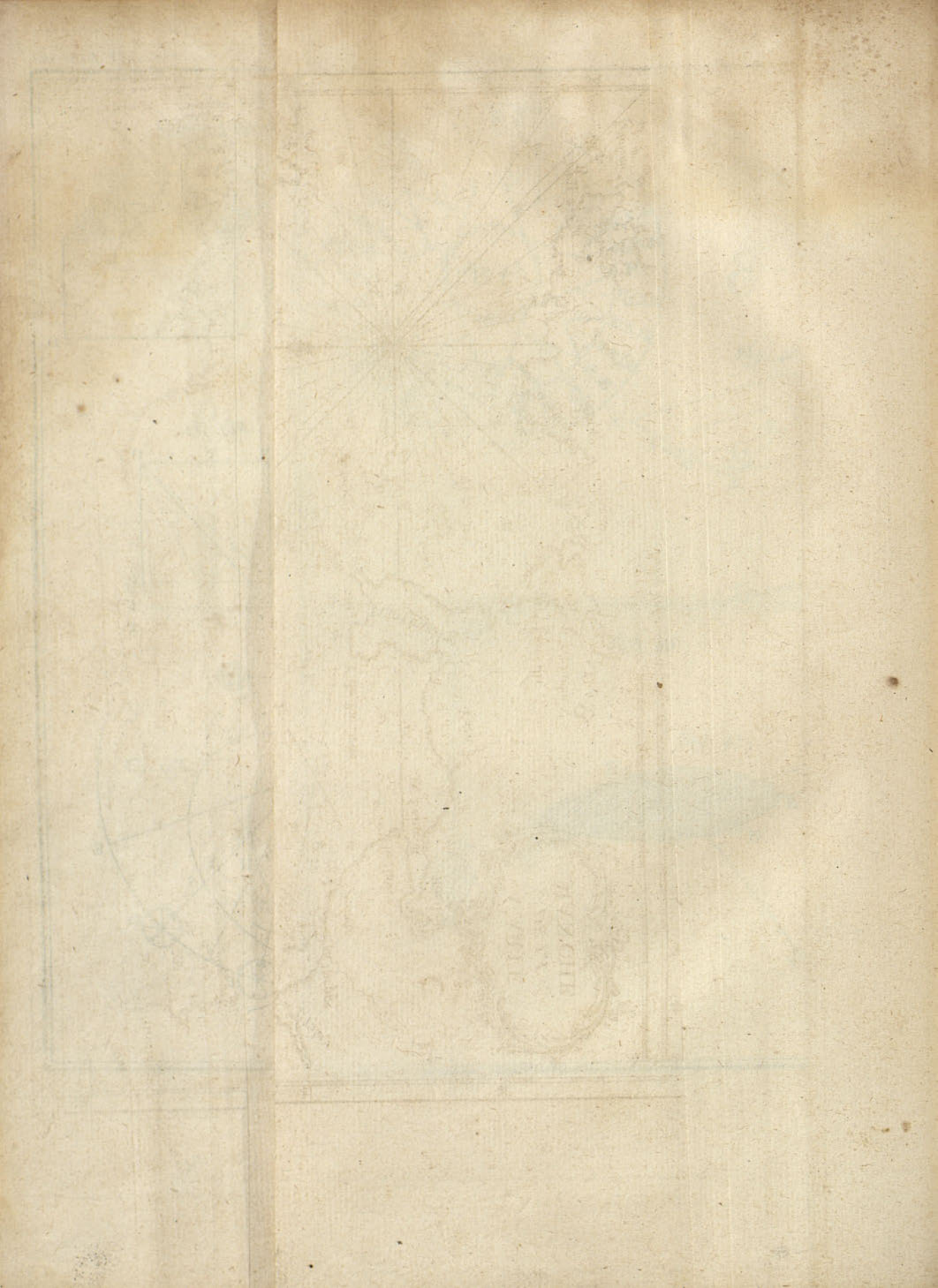


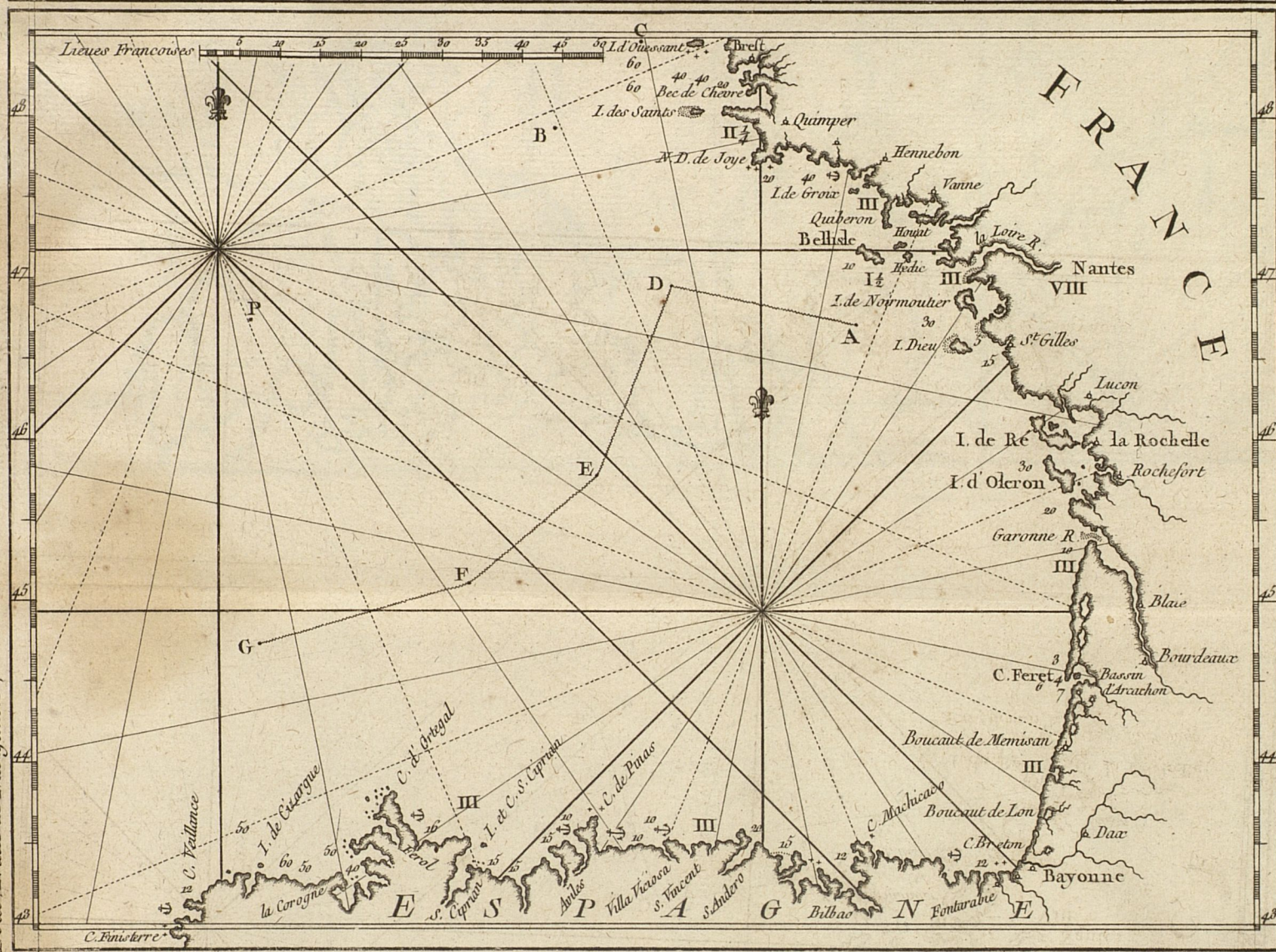
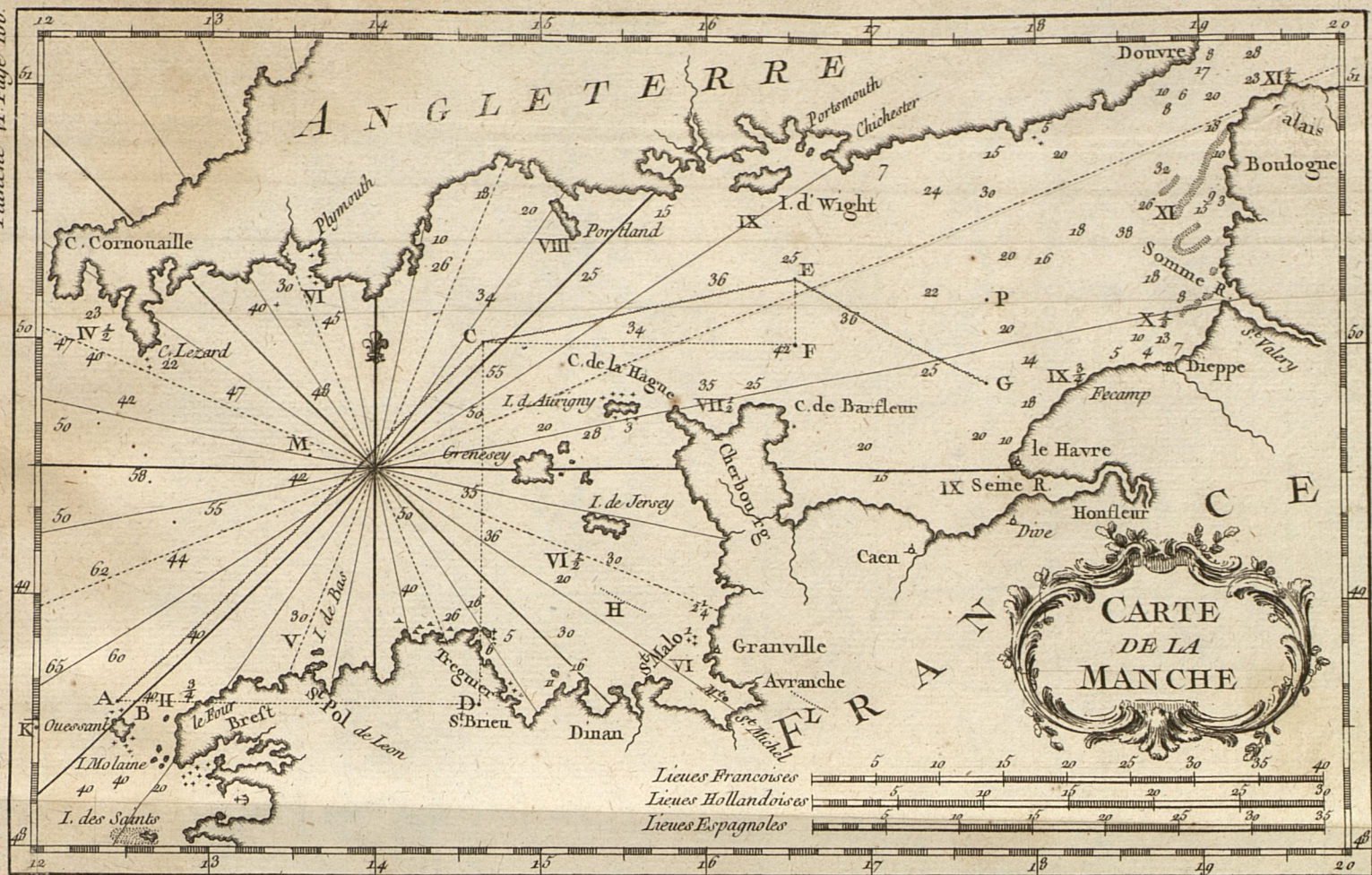


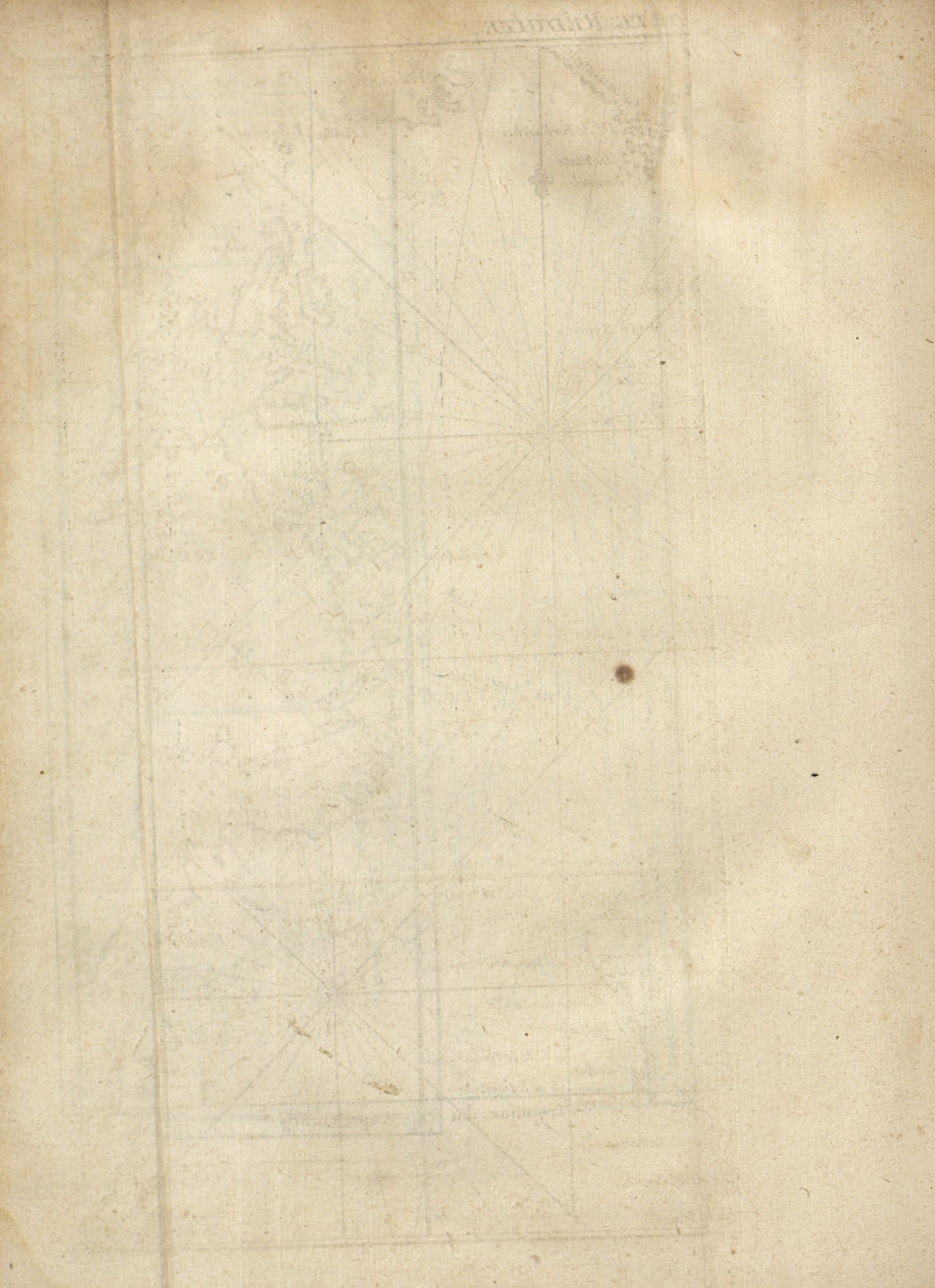














LIVRE TROISIÈME,

Dans lequel on donne les premières Notions d'Astronomie, qui sont utiles aux Navigateurs.

CHAPITRE PREMIER.

De la Situation des Etoiles fixes, & de leur Mouvement apparent du Levant vers le Couchant.

I.

I. **N**OUS commencerons les détails dont nous venons de voir la nécessité, en donnant les premiers principes d'Astronomie, ou de la Science qui a pour objet le mouvement des Astres. Nous avons déjà dit que les Cieux en tournant sur les deux Poles, entraînoient toutes les Etoiles d'Orient en Occident en 24 heures. Toutes ces Etoiles, en faisant leur révolution, & en n'y employant que le même tems, malgré la grandeur ou la petitesse des cercles qu'elles décrivent, conservent exactement la même situation les unes par rapport aux autres. On les nomme *fixes* par cette raison ; & c'est ce qui les distingue des Planètes dont nous aurons occasion de parler, lesquelles ont un mouvement particulier par rapport au Ciel, & qui changent de place les unes par rapport aux autres. Le Ciel est, pour ainsi dire, semé d'Etoiles ; les unes se lèvent pendant que les autres se couchent : si nous

ne les voyons pas pendant le jour, c'est parce que la lumière qu'elles répandent, est effacée par celle du Soleil.

2. On s'est trouvé dans la nécessité d'imposer des noms à tous ces Astres, & on a réussi à le faire d'une manière qui ne charge que très-peu la mémoire. Ayant considéré les Etoiles comme par troupeaux, qu'on a nommé *Constellations* ou *Astérismes*, un seul nom d'homme ou d'animal donné à chacun de ces troupeaux, a suffi pour spécifier 50 ou 60 Etoiles à la fois, & même un plus grand nombre. On nomme, par exemple, *Orion*, une de ces Constellations: quelques-unes des Etoiles répondent à la tête du Géant, d'autres à ses épaules, d'autres à sa ceinture ou baudrier, &c. On a réduit, en se conformant à cette méthode, toutes les Etoiles du Firmament à une soixantaine de Constellations. Ainsi il suffit de retenir une soixantaine de noms, & de pouvoir imaginer dans le Ciel autant de figures pour se trouver en état de connoître & de désigner chaque Etoile en particulier.

3. Les Lecteurs ne doivent pas manquer de jeter les yeux sur les deux Cartes célestes que nous joignons à ce Traité. Chaque Carte représente une des moitiés du Ciel, dont chaque Pole est comme le centre. On voit auprès du Pole du Nord arctique ou septentrional, l'Etoile polaire ou l'Etoile du Nord, qui est à l'extrémité de la queue de la petite Ourse. Cette Etoile qui n'est actuellement éloignée du Pole que de 2^d. 1^m. & qui en deviendra encore plus voisine, ne trace qu'un très-petit cercle, comme nous l'avons déjà expliqué. Il est facile de juger que le plus grand des cercles, qui termine chaque Carte, est l'Equateur. Il est exactement au milieu du Ciel qu'il sépare en deux parties égales. Tous les autres cercles qui sont au dedans, & qui ont un des Poles du Monde pour centre, représentent les *Paralleles* que décrivent les Etoiles.

4. On voit dans les mêmes Cartes un grand nombre de lignes droites qui sont comme des diamètres, mais qui représentent des cercles ou des demi-cercles: ce sont les

Méridiens célestes qui, comme on le sçait, se rendent d'un des Poles du Monde à l'autre, en passant par l'Equateur qu'ils coupent perpendiculairement. Tous ces cercles servent de Méridien aux lieux de la Terre, qui sont au-dessous; & on les nomme aussi *Cercles horaires*, parce qu'ils partagent le Ciel, quant à son mouvement, ou quant au tems, & qu'ils servent à distinguer les heures du jour & de la nuit: lorsqu'il y a 15 degrez d'intervalle entre deux de ces Méridiens ou cercles horaires, le Soleil met une heure à aller de l'un à l'autre, soit que le mouvement se fasse sur l'Equateur ou sur un Parallele.

I I.

*De la Déclinaison & de l'Ascension droite
des Astres en général, & de celles des
Etoiles en particulier.*

5. La situation des Etoiles dépend de leur distance à l'Equateur ou aux Poles, & de la quantité dont elles sont plus à l'Orient ou à l'Occident les unes que les autres. On nomme *Déclinaison* leur distance à l'Equateur, & on distingue cette déclinaison en Nord & Sud, ou en Septentrionale & Méridionale, selon que l'Astre est du côté du Nord de l'Equateur ou du côté du Sud. La déclinaison est donc précisément la même chose dans le Ciel, que la latitude d'un lieu sur la Terre. La plus grande latitude sur la terre est de 90 degrez, & la plus grande déclinaison est dans le Ciel de ce même nombre de degrez. L'Etoile du Nord ou l'Etoile polaire n'a pas tout-à-fait cette plus grande déclinaison, parce qu'elle n'est pas tout-à-fait dans le Pole du Ciel. Les Etoiles en faisant leurs révolutions autour de nous, d'Orient en Occident, ne changent point de déclinaison, parce qu'elles tracent des paralleles, ou qu'elles restent dans leur mouvement toujours à la même distance de l'Equateur.

6. Il n'a pas été difficile de découvrir la déclinaison des Etoiles, ou leur situation par rapport à l'Equateur. Une Etoile, comme l'Etoile du Nord, fait le tour du Pole en 24 heures, & si elle se trouve dans un certain instant au-dessus du Pole, elle sera au-dessous douze heures après. Il n'y a qu'à observer sa hauteur au-dessus de l'Horison dans ces deux points de son cercle, en se servant, si l'on veut, de l'instrument de la *Figure 3*; & si on trouve que l'une surpasse l'autre de 4 deg. 2 min. la moitié de cette quantité donnera la distance de l'Etoile au Pole, qui sera de 2^d. 1^m. & l'Etoile sera donc éloignée de l'Equateur de 87^d. 59^m. On a fait de semblables observations, ou d'équivalentes sur tous les Astres.

7. Mais il ne suffit pas de connoître les déclinaisons des Etoiles, pour qu'on puisse assigner leur place dans le Ciel ou sur les Cartes célestes. Il faut encore sçavoir de combien elles sont situées vers l'Orient ou vers l'Occident les unes par rapport aux autres. On conçoit l'Equateur divisé en degrez, on les compte d'Occident en Orient, en commençant à un certain point, qui est en quelque façon arbitraire; & on nomme *ascension droite* le degré de l'Equateur auquel chaque Etoile répond. L'ascension droite dans le Ciel ne diffère pas de la longitude sur la Terre: on les compte l'une & l'autre dans le même sens, & tout est absolument conforme: le Méridien céleste qui passe par le point de zero ou de 360 degrez sur l'équateur, tient lieu de premier Méridien terrestre.

8. Pour prendre une idée de la manière dont on a pû observer les ascensions droites, ou au moins leur différence, on n'a qu'à s'imaginer que l'instrument de la *Figure 3* est exactement à plomb, & qu'il est dirigé en même tems Nord & Sud, ou qu'il présente exactement une de ses faces vers l'Orient, & l'autre vers l'Occident. Nous supposons que cet instrument soit fixé dans cette situation, & qu'il n'a rien de mobile que son allidade, ou une règle qui sera munie d'une lunette, si on veut. On peut avec

un pareil instrument observer les hauteurs des Astres, lorsqu'ils passent au Méridien; ce qui met en état, comme nous l'avons dit, de découvrir leurs déclinaisons. On peut aussi déterminer les ascensions droites, en remarquant combien ces Astres viennent se rendre au Méridien les uns après les autres. Ceux qui viendront se présenter à l'observateur précisément dans le même instant, auront exactement la même ascension droite: ils répondront au même point de l'Equateur, ou, ce qui revient au même, ils seront dans le même Méridien céleste, ou dans le même cercle horaire: mais ceux qui auront plus d'ascension droite, parviendront au Méridien plus tard; si une Etoile passe, par exemple, à 4 heures du soir, ou 4 heures après le Soleil, elle aura 60 degrez plus d'ascension droite.

9. La Table que nous insérons à la fin de ce Chapitre, indique les ascensions droites & les déclinaisons des principales Etoiles pour le commencement de 1755; & on trouvera à côté les changemens auxquels elles sont sujettes. Nous avons marqué ces changemens pour 60 ans. L'ascension droite, par exemple, de l'Etoile du Nord sera au commencement de 1755 de 10 deg. 53 min. mais en 60 ans, c'est-à-dire, au commencement de 1815, elle sera augmentée de 2 deg. 25 min. elle sera de 13^{d.} 18^{m.} sa déclinaison est marquée de 88 deg. & elle sera en 60 ans de 88 deg. 20 min. Les changemens doivent être 60 fois moindres à proportion dans un an, & pour les avoir tout d'un coup, il n'y a qu'à prendre les degrez pour des minutes, & les minutes pour des secondes. Ainsi l'Etoile polaire augmente actuellement en ascension droite de 2' 25" par an, & de 20" en déclinaison.

10. La situation des Etoiles ne change en général que très-peu, & il paroît que le changement se fait dans le sens exactement parallele au cercle qu'on voit marqué dans nos Cartes célestes qui est oblique par rapport à l'Equateur, & qui est nommé *écliptique*, comme nous le dirons dans la suite. Les Etoiles qui sont sur ce cercle pa-

roissent le suivre, & celles qui en sont éloignées en restent à la même distance. C'est ce qui fait que les déclinaisons des Etoiles qui sont dans certains espaces du Ciel, vont en augmentant, pendant que les déclinaisons diminuent dans d'autres parties du Ciel, mais toujours d'une manière extrêmement lente.

I I I.

Reconnoître les Etoiles, en consultant les Cartes du Ciel.

I I. Il y a dans le Ciel plusieurs Constellations qu'on peut reconnoître dans le tems même qu'on les voit seules. La *grande Ourse* est de ce nombre; elle est formée de sept Etoiles principales, dont quatre sont en rectangle, & les trois autres sont rangées presque sur une même ligne. Ces sept étoiles ont donné le nom de Pole septentrional au Pole du Nord, ou à celui que nous voyons étant en Europe. On ne voit en nul autre endroit du Ciel des Etoiles disposées de la même manière. Le vulgaire les nomme le *grand Chariot*, au lieu de *grande Ourse*. De l'autre côté du Pole du Nord, on découvre une autre Constellation encore fort facile à reconnoître, qu'on nomme *Cassiopee*. Elle est remarquable par cinq étoiles principales; on peut voir leur configuration sur la Carte, elles forment comme une espèce de lettre *M* irrégulière, dont les deux jambages extérieurs sont fort ouverts. L'Etoile du Nord est entre ces deux Constellations; elle est comme seule; elle se trouve assez exactement entre la première de la queue de l'*Ourse* & la poitrine de *Cassiopee*, qui est l'Etoile la plus éloignée, ou le plus au Sud de cette seconde Constellation.

I 2. Le Taureau se distingue fort aisément par un troupeau de petites Etoiles nommées *Pleiades*, que le vulgaire nomme la *Poussinière*. Il y a auprès une étoile qui se fait remarquer par son éclat & par sa couleur rouge: c'est l'œil du Taureau, nommé *Aldebaram* par les Arabes. Plus vers

le Sud & plus vers l'Orient, on voit *Orion*, dont le baudrier contient trois Etoiles que tout le monde connoît sous le nom des *trois Rois*.

13. La Couronne septentrionale est très-remarquable, quoique les Etoiles qui la forment n'achevent pas un cercle entier. La Lyre a une Etoile nommée *Wega*, qui est reconnoissable par deux petites Etoiles avec lesquelles elle forme un petit triangle équilatéral. On la met ordinairement dans le petit nombre de celles qu'on dit être de la première grandeur, & dont il n'y a que 14 ou 15. Le Cygne contient cinq Etoiles principales, qui font une espèce de Croix, mais qui ne sont pas également brillantes. Dans l'Aigle il y a trois Etoiles de suite, & celle du milieu est la plus lumineuse. A peu de distance est le Dauphin, formé de quatre petites Etoiles en losange. Les deux têtes des Gemeaux sont marquées par deux Etoiles peu éloignées l'une de l'autre. Les deux cornes du Bélier sont aussi marquées par deux Etoiles, mais dans le voisinage de celles-ci, il y en a trois plus petites qui forment un triangle isoscèle, & on ne peut pas s'y tromper.

14. De l'autre côté du Ciel, ou dans l'Hémisphère Austral, le *Scorpion* est non-seulement remarquable par une Etoile d'une couleur fort rouge nommée *Antares*; mais par une suite de moindres Etoiles qui représentent la queue repliée de l'insecte. Le Centaure & la Croix du Sud contiennent plusieurs belles Etoiles, & toute cette partie est extrêmement brillante, & peut-être la plus belle du Ciel, mais on ne la voit pas de ces Pays ci.

15. » Il suffit de connoître quelques Etoiles pour pouvoir trouver le nom de toutes les autres sur la Carte, en » examinant leurs configurations, & celles qui sont dans » l'alignement les unes des autres. Presqu'au milieu de » la distance de l'Etoile du Nord à l'extrémité de la queue » de la grande Ourse, on trouve une Etoile que les Pilotes nomment *Claire des gardes*, qui est dans l'épaule de » la petite Ourse.

16. » Si de l'Etoile polaire on conduit une ligne droite,
 » qui passe entre la Claire des gardes & l'extrémité de la
 » queue de la grande Ourse, elle ira rencontrer *Arcturus*,
 » qui est dans le bas de la robe de *Bo-orès*.

17. » Une ligne droite tirée de la Claire des gardes ou
 » de l'épaule de la petite Ourse par l'Etoile du Nord,
 » passera à peu près par la Claire de Persée, & ensuite par
 » la Machoire de la Baleine.

18. » On trouvera le Cœur du Lyon dans l'alignement
 » de la Claire des gardes, & du milieu du quarré de la
 » grande Ourse.

19. » L'épi de la Vierge, qui est dans la partie du Sud,
 » se trouve sur la ligne droite conduite de l'Etoile du Nord
 » par la seconde de la queue de l'Ourse. Si on s'éloigne de
 » Cassiopée du côté opposé à l'Etoile du Nord, on trou-
 » vera la Constellation d'Andromède, remarquable par
 » trois Etoiles principales; la plus éloignée du Pole qui
 » répond à la tête d'Andromède, forme un grand rectan-
 » gle, avec trois autres Etoiles qui appartiennent à Péga-
 » se. En commençant au Pole on trouve de suite quatre
 » Etoiles qui indiquent à peu près, pour le siècle présent,
 » le méridien d'où on compte l'ascension droite. Ces qua-
 » tre Etoiles sont la Polaire, la Chaise de Cassiopée, la
 » Tête d'Andromède & le Bout de l'aile de Pégase, nom-
 » mée *Algénib* par les Arabes.

20. » Entre le Pole & Orion on trouve Capella, qui
 » est une Etoile de la première grandeur.

21. » Une ligne droite conduite par l'œil du Taureau,
 » qui est auprès de la Poussinière, comme nous l'avons déjà
 » dit, & par la ceinture d'Orion, ou par les trois Rois,
 » va se rendre à Sirius, qui est dans la gueule du Grand
 » Chien, & qui est l'Etoile la plus lumineuse du Ciel.

22. » On peut former plusieurs autres alignemens: mais
 » pour se rendre cette étude beaucoup plus facile, il faut
 » toujours, lorsqu'on consulte la Carte, être attentif à la
 » disposer, comme est alors le Ciel. Il faut aussi s'accoutu-

» mer à s'imaginer les figures des Constellations, ou à les
 » dessiner dans le Ciel. Si l'on regarde, par exemple,
 » le Taureau & Orion, on trouvera, en figurant le Tau-
 » reau, deux Etoiles qui forment les extrémités des cor-
 » nes qui avancent entre Capella & Orion. Dans cette
 » dernière Constellation les trois de la Ceinture sont au
 » milieu; les deux épaules sont vers le Nord, & sont très-
 » marquées; la tête ne l'est guère; mais un des pieds a une
 » Etoile parfaitement belle, nommée *Rigel*, qui est de la
 » première grandeur. «

23. TABLE de la situation des principales Etoiles qui sont du côté du Nord du Ciel.

Pour le commencement de 1755.

	Ascensions droites.		Augment. en Ascens. droites pour 60 ans.		Déclinaisons.		Changemens en déclinaisons pour 60 ans.
	Deg.	Min.	Deg.	Min.	Deg.	Min.	Minutes.
Le bout de l'aile de Pégase . . .	0	10	0	47	13	49	20 ajout.
La poitrine de Cassiopée . . .	6	42	0	50	55	12	20 ajout.
L'étoile du Nord, ou l'extrémité de la queue de la petite Ourse .	10	53	2	25	88	0	20 ajout.
Le pied du Sud d'Andromède .	27	14	0	55	41	10	18 ajout.
La corne la plus Nord d'Ariès .	28	22	0	50	22	17	18 ajout.
La mâchoire de la Baleine . . .	42	21	0	47	3	7	15 ajout.
La claire de Persée	46	42	1	2	48	58	14 ajout.
L'œil du Taureau, <i>Aldebaran</i> .	65	28	0	51	5	59	8 ajout.
La Chèvre, <i>Capella</i>	74	40	1	6	45	43	6 ajout.
L'épaule d'Orion	85	29	0	50	7	20	2 ajout.
Le petit chien, <i>Procyon</i>	111	36	0	48	5	50	9 souft.
Le cœur du Lion, <i>Regulus</i> . .	148	49	0	48	13	10	17 souft.
La plus Nord des sept de la grande Ourse	162	1	1	0	63	5	19 souft.
La queue du Lion	174	6	0	48	15	56	20 souft.
Le bout de la queue de la grande Ourse	204	30	0	37	50	33	18 souft.
Le bas de la robe de Bo-otès, <i>Arcturus</i>	211	8	0	41	20	29	19 souft.
La claire des gardes dans l'épaule de la petite Ourse . . .	222	57	0 souft.	7	75	9	15 souft.
La claire de la lire, <i>Wega</i> . . .	277	10	0	30	38	35	3 ajout.
Le col de l'Aigle	294	42	0	44	8	14	9 ajout.
La queue du Cygne	308	16	0	32	44	25	12 ajout.
La cuisse de Pégase	342	59	0	44	26	44	19 ajout.
La jonction de l'aile de Pégase .	343	9	0	44	13	53	19 ajout.
La tête d'Andromède	358	57	0	45	27	44	20 ajout.

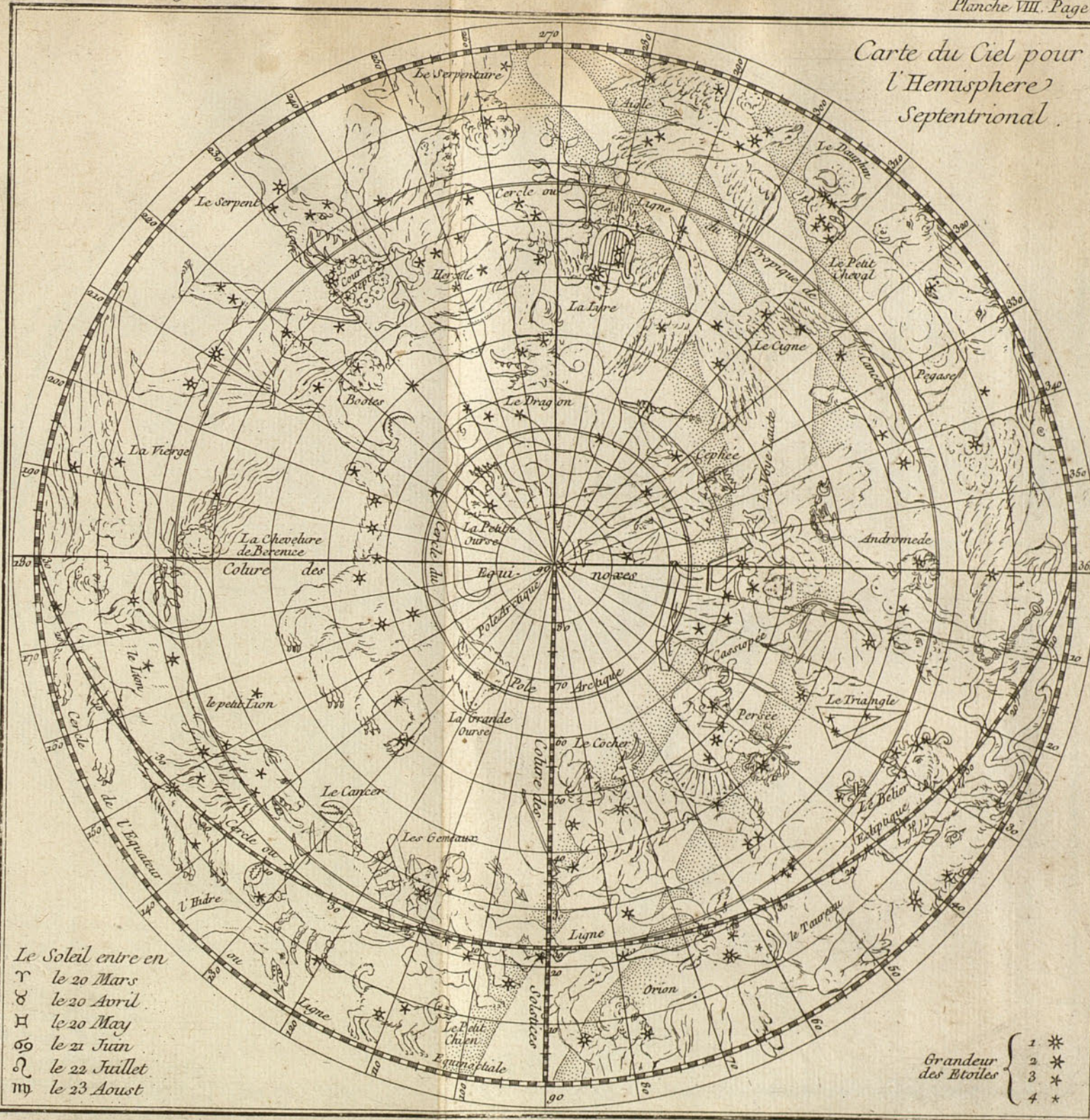
*TABLE de la situation des principales
Etoiles qui sont du côté du Sud
du Ciel.*

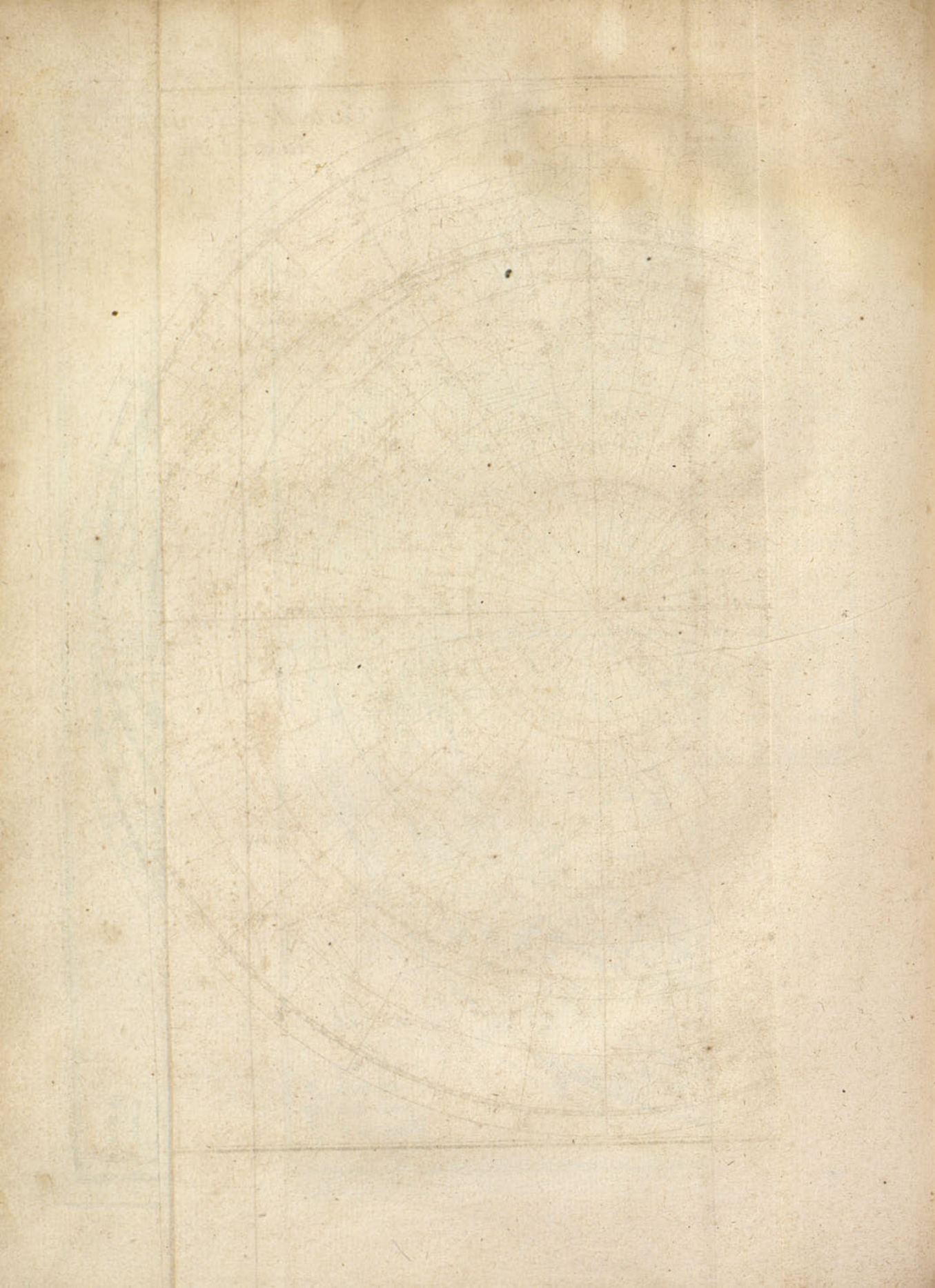
Pour le commencement de 1755.

	Ascensions droites.		Augment. en Ascens. droites pour 60 ans.		Déclinaisons.		Changemens en Déclinaisons pour 60 ans.	
	Deg.	Min.	Deg.	Min.	Deg.	Min.	Minutes.	
La queue de la Baleine	7	48	0	44	19	20	20	souff.
L'extrémité Sud du fleuve Eridan, <i>Achernar</i>	22	2	0	34	58	29	20	souff.
Le pied d'Orion, <i>Rigel</i>	75	41	0	43	8	31	5	souff.
La seconde du baudrier d'Orion ou le second des trois Rois . .	80	57	0	47	1	23	3	souff.
La claire du navire Argo, <i>Canopus</i>	94	37	0	20	52	34	3	ajout.
La gueule du grand Chien, <i>Sirius</i>	98	34	0	40	16	24	4	ajout.
La claire de l'Hydre	138	54	0	45	7	36	15	ajout.
La plus australe du Cruzero, ou de la Croix du Sud	183	45	0	48	61	42	20	ajout.
L'épi de la Vierge	198	5	0	48	9	52	19	ajout.
La luisante du pied du Centaure. .	216	31	1	7	59	48	16	ajout.
Le cœur du Scorpion, <i>Antares</i> . .	243	36	0	55	25	52	10	ajout.
L'épaule la plus Septentrionale du Verseau	329	12	0	47	1	30	17	souff.
La claire du Poisson nautique, <i>Fomahan</i>	341	1	0	48	30	55	19	souff.

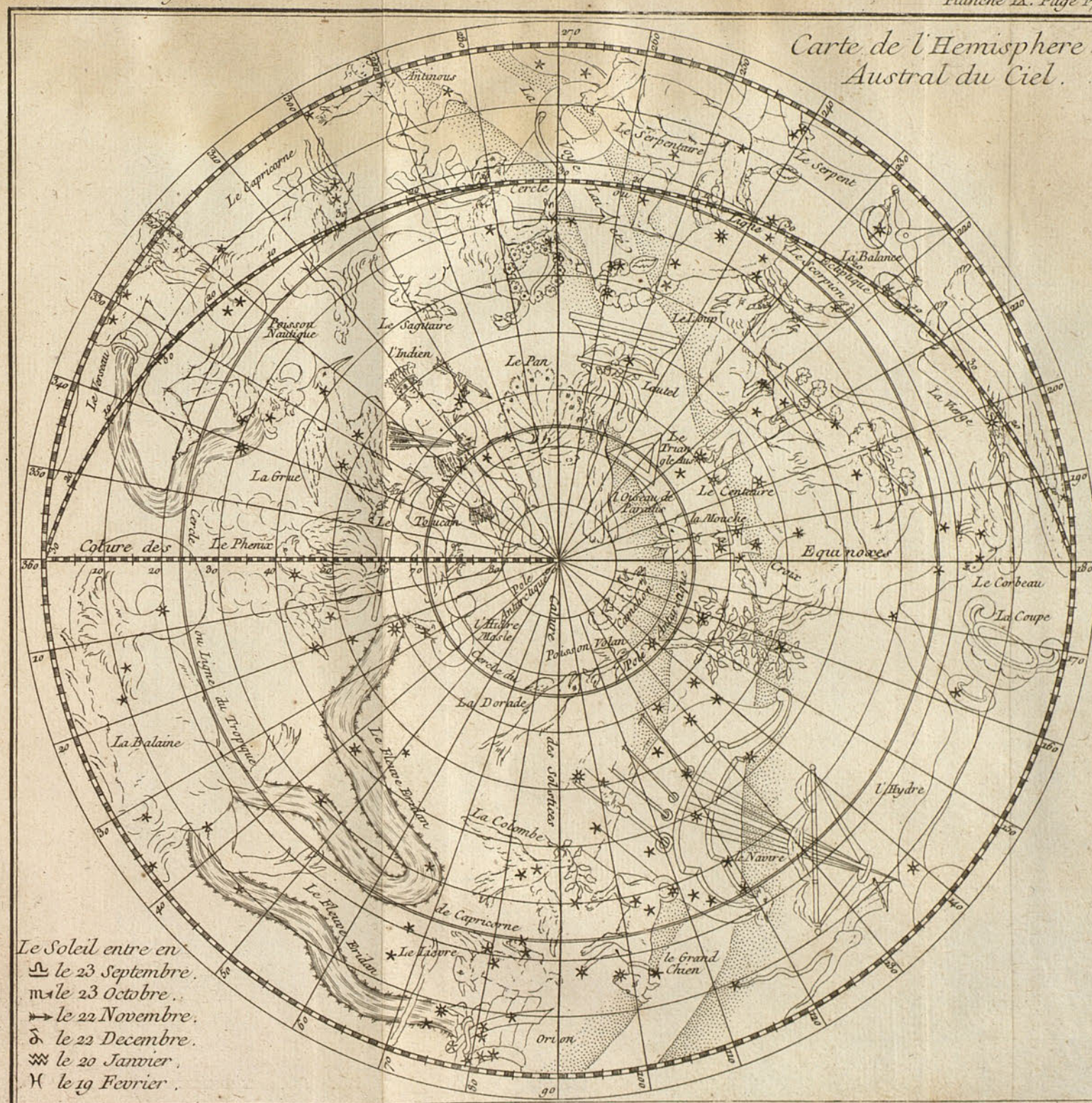


Carte du Ciel pour
l'Hémisphere
Septentrional.





Carte de l'Hemisphere
Austral du Ciel.



CHAPITRE II.

Des Planètes & de leur Mouvement propre ou particulier d'Occident en Orient ; du Mouvement du Soleil , &c.

I.

24. **P**ENDANT que les Cieux , en tournant d'Orient en Occident en 24 heures, entraînent avec eux toutes les Etoiles fixes , il y a d'autres Astres qui changent de situation les uns par rapport aux autres , & qui avancent ordinairement chaque jour vers l'Orient , en répondant à différentes Etoiles. Ces Astres qui ont un mouvement particulier, se nomment *Planètes* , & on en compte ordinairement sept, qui sont , Saturne , Jupiter , Mars , le Soleil , Venus , Mercure & la Lune. Lorsque le Ciel paroît faire une révolution autour de la Terre , la Planète n'en fait pas exactement une : quelques-unes de ces Planètes paroissent avoir un mouvement fort irrégulier ; mais en général elles avancent chaque jour un peu vers l'Orient , & ce n'est qu'après un tems assez considérable qu'elles se trouvent avoir achevé le tour du Ciel en sens contraire au mouvement d'Orient en Occident qui se fait en 24 heures. Saturne emploie 29 ou 30 ans à revenir au même point par ce mouvement qui lui est particulier ou propre , & qu'on nomme son second mouvement ; Jupiter met douze ans , &c.

25. Si on cherche dans un Calendrier ou Almanach, la déclinaison & l'ascension droite de ces Planètes , on pourra marquer leur place sur la Carte du Ciel ; on sçaura auprès de quelles Etoiles elles se trouvent ; & il ne sera pas difficile ensuite de distinguer celles qu'on pourroit confondre avec les Etoiles fixes. En général elles sont moins étincellantes ; ce qui vient de ce qu'elles emprun-

tent leur lumière du Soleil : il ne s'en faut que peu de degrés qu'elles ne suivent toutes dans le Ciel la même route ; elles ne s'écartent guère de l'Ecliptique qui est la trace que forme le Soleil par son second mouvement , ou par son mouvement propre. On les indique pour l'ordinaire par les caractères suivans ; ♄ marque Saturne ; ♃ Jupiter ; ♀ Mars ; ☉ le Soleil ; ♀ Venus ; ☿ Mercure , & ☾ la Lune.

26. Il faut remarquer que nous n'entreprenons pas d'expliquer ici l'ordre qu'il y a réellement entre les Planètes ; nous nous proposons simplement d'exposer leurs principales apparences. Nous pouvons nous trouver par rapport au mouvement des Cieux , dans le même cas qu'un Marin qui est sur un Vaisseau , & qui a de la peine à démêler de loin , & même souvent de près , les différens mouvemens des objets qu'il voit autour de lui.

I I.

*Du Mouvement du Soleil par rapport
au Ciel.*

27. Le Soleil par son mouvement particulier avance par jour vers l'Orient d'environ un degré , ou de deux fois sa largeur ; & il fait le tour du Ciel en un an. S'il est aujourd'hui auprès d'une certaine Etoile , demain , après que ces deux Astres auront fait une révolution autour de la Terre en 24 heures du Levant vers le Couchant , le Soleil se trouvera éloigné de l'Etoile de 59^m. 8 secondes vers l'Est ; le lendemain de deux fois 59^m. 8 secondes , le troisième jour de trois fois cet espace , & il n'atteindra derechef la même Etoile qu'au bout d'un an ou de 365 jours environ 6 heures. Il faut remarquer outre cela que le mouvement particulier du Soleil n'est pas un simple retardement par rapport au mouvement du Ciel d'Orient en Occident. Le Soleil n'avance pas vers l'Est dans un sens absolu-
fiquement

seulement parallèle à l'Equateur : il marche obliquement , & il change de déclinaison ; il coupe l'Equateur de six mois en six mois en passant de la partie du Nord à celle du Sud , ou de celle du Sud à celle du Nord ; il s'éloigne de chaque côté de l'Equateur de $23^{\circ} 28\frac{1}{2}'$.

28. Il a été très-facile de s'assurer de cette quantité précise dont le Soleil avance vers le Nord, & ensuite vers le Sud par son mouvement particulier. Si cet Astre faisoit exactement 59 min. 8 secon. vers l'Orient par rapport au Ciel, en suivant l'Equateur, il est vrai qu'il répondroit tous les jours à différentes Etoiles ; mais on n'apercevrait aucun autre changement. Le Soleil se leveroit toujours exactement à l'Est, & se coucheroit toujours à l'Ouest ; il monteroit aussi toujours à midi à la même hauteur, & on ne remarqueroit aucune différence dans les Saisons. Mais, comme tous les Lecteurs le sçavent, les choses se passent bien différemment. Le Soleil pendant six mois avance vers notre Zénith, & pendant six autres mois il s'en écarte. Si l'on observe sa hauteur à midi au plus grand jour d'Été, & qu'on l'observe aussi à midi au plus petit jour d'Hiver, on trouvera que l'une surpasse l'autre de $46^{\circ} 57'$. dont la moitié $23^{\circ} 28\frac{1}{2}'$. est la quantité dont cet Astre s'éloigne de l'Equateur de chaque côté.

29. Les Anciens ont distribué en douze Constellations toutes les Etoiles auprès desquelles le Soleil passe, & ils ont nommé ces Constellations les *douze Signes*. Les Etoiles qui les forment, ont changé de place en avançant dans le sens parallèle à l'Ecliptique, comme nous l'avons déjà dit. * Mais on a continué de donner le même nom & le nom de Signes à chaque partie de l'Ecliptique qui est de 30° . & que le Soleil parcourt environ en 30 jours. Voici les noms qu'on donne à ces espaces, tant en Latin qu'en François, avec les caractères dont on se sert ordinairement pour les désigner. Les six premiers appartiennent à la moitié de l'Ecliptique qui est du côté du Nord, & que le Soleil parcourt depuis le 20 Mars jusqu'au 22 de

* Voyez
N^o. 9.

Septembre : les six autres sont du côté du Sud ; le Soleil les parcourt depuis le 22 Septembre jusqu'au 20 de Mars.

30.	<i>Aries</i>	Le Belier	♈	<i>Libra</i>	La Balance	♎
	<i>Taurus</i>	Le Taureau	♉	<i>Scorpius</i>	Le Scorpion	♏
	<i>Gemini</i>	Les Gemeaux	♊	<i>Arcitenens</i>	L'Archer	♐
	<i>Cancer</i>	L'Ecreviffe	♋	<i>Caper</i>	La Chevre	♑
	<i>Leo</i>	Le Lion	♌	<i>Amphora</i>	Le Verseau	♒
	<i>Virgo</i>	La Vierge	♍	<i>Pifces.</i>	Les Poiffons.	♓

31. Les douze Signes nous présentent quatre points principaux dans l'Ecliptique ou dans la route que suit le Soleil en avançant tous les jours vers l'Orient par rapport au Ciel. Ces quatre points servent de commencement aux quatre Saisons, le Printems, l'Été, l'Automne & l'Hiver. Le commencement d'*Aries* & de *Libra* tombent sur l'Equateur, & ils sont à l'opposite l'un de l'autre ; le Soleil s'y trouve le 20 de Mars & le 22 de Septembre ; le jour est alors égal à la nuit. Le Soleil est au milieu du Ciel, à la même distance d'un Pole que de l'autre. Il se lève aussi alors exactement au vrai Est, & il va se coucher au point précis de l'Ouest. On donne le nom d'*Equinoxe* à ces deux jours remarquables. Le 20 Mars on a l'équinoxe du Printems, & le 22 Septembre on a l'équinoxe d'Automne. Au milieu de ces deux points l'Ecliptique en a deux autres qui sont les plus éloignés de l'Equateur, & on les nomme les deux *Solstices*, parce que le Soleil, en cessant de s'éloigner de l'Equateur, semble s'arrêter avant que de se rapprocher de ce cercle. Ces deux points sont les commencemens de *Cancer* & de *Caper*. Le Soleil parvient au commencement de *Cancer* le 21 de Juin, & on a alors le solstice d'Été. L'autre solstice qui est celui d'Hiver, arrive le 21 de Décembre lorsque le Soleil entre dans *Caper*. Les deux solstices sont éloignés de l'Equateur de $23^{\circ} 28 \frac{1}{2}'$. & c'est lorsque le Soleil y est parvenu, qu'il a sa plus grande déclinaison.

32. On donne le nom de *Colures* aux Méridiens qui passent par les quatre points principaux de l'Ecliptique : on les considère chacun comme des cercles entiers. Ainsi les deux Colures se coupent perpendiculairement aux deux Poles du Monde , & ils partagent l'Ecliptique en quatre parties égales , de même que l'Equateur. Le Soleil emploie une saison entière à passer par son second mouvement d'un Colure, à l'autre. Nous avons marqué par des traits plus forts ces cercles dans les deux Cartes du Ciel. On distingue l'un en le nommant le Colure des Equinoxes , celui qui passe par le commencement d'*Aries* & de *Libra* ; & l'autre est le Colure des Solstices qui passe par le commencement de *Cancer* & de *Capricorne*. Une des moitiés du Colure des Equinoxes , celle qui passe par les commencemens d'*Aries* , est le Méridien dont nous avons déjà parlé , & d'où on commence à compter l'Ascension droite * ; c'est-à-dire , que l'Equateur étant divisé en 360 degrez , on prend pour commencement du premier degrez d'Ascension droite , le point où le Soleil se trouve à l'Equinoxe du Printemps.

* Voyez
Nº. 7.

III.

De la Sphère Armillaire.

33. On a imaginé , pour rendre plus sensibles la plupart des choses que nous venons d'expliquer , une Machine qui représente le Ciel & la Terre , & on la nomme *Sphère Armillaire* , à cause de sa composition. Cette Machine est assez commune , & il seroit à propos que les Lecteurs en eussent une sous les yeux , quoique nous croyons que nos explications seront aisément entendues sans ce secours. Nous ne parlons ici de sa forme & de son usage qu'afin d'avoir occasion de récapituler en peu de mots tout ce que nous venons de dire.

34. La Sphère Armillaire a un petit Globe ou une petite boule au milieu , qui représente la Terre , & elle est

soutenue par une verge qui la traverse, & qui va se rendre aux deux Poles du Ciel. Cette verge se nomme l'*Axe* ou l'*Effieu* du Monde. Le Ciel est représenté par plusieurs cercles qui ont la liberté de tourner sur les deux Poles ou autour de l'*Axe*. On se contente ordinairement de former la Sphère de dix cercles, sçavoir, six grands & quatre petits. Voici leurs noms : l'*Horison*, le *Méridien*, l'*Equateur*, l'*Ecliptique* & les deux *Colures* ; les quatre petits cercles sont les deux *Tropiques* & les deux *Cercles polaires*. Chaque grand cercle coupe la Sphère par la moitié, au lieu que les petits cercles la coupent en parties inégales, & n'ont pas le même centre qu'elle.

35. Entre les grands cercles il y en a deux qui sont stables, & dont la situation dépend de l'endroit de la Terre où est l'Observateur : c'est l'*Horison* & le *Méridien*. Comme il y a une infinité de points sur la surface de la Terre, il y a aussi une infinité de différens *Horisons* & de différens *Méridiens*. Mais la Sphère Armillaire ne représente l'*Horison* & le *Méridien* que pour un seul Observateur ou pour un seul lieu. Le *Méridien* passe par le *Zénith* & par le *Nadir* ; &, comme on le sçait déjà, il coupe l'*Horison* au vrai Nord & au vrai Sud, en séparant également les côtes de l'Orient & de l'Occident. Après que les Astres se sont levés, ils vont en montant jusqu'à ce qu'ils arrivent au *Méridien*. Parvenus à ce cercle, ils ont leur plus grande hauteur, & dans le même instant ils commencent à descendre vers l'Occident.

36. Le *Méridien* est ordinairement gradué : ses degrés marquent la quantité dont le Pole est élevé au-dessus de l'*Horison*. On doit se souvenir que cette élévation est égale à la latitude du lieu où l'on est.*

* Voyez N^o.
15. Liv. II.

37. On marque assez souvent sur l'*Horison* les 32 rums de vent. Le Nord & le Sud sont déterminés par les Poles auxquels ils répondent. On prolonge en lignes droites par la pensée les autres rums pour l'endroit de la terre où l'on est ; & ils viennent se rendre aux points marqués sur la

circonférence de l'Horison. Toute cette circonférence est aussi divisée en degrez. Ils marquent les vraies amplitudes des Astres, tant les amplitudes ortives qu'occafes, ou les orientales que les occidentales. * Ces degrez commencent aux vrais points de l'Orient & de l'Occident, & ils s'étendent jusqu'à 90 degrez qui se terminent aux points du Nord & du Sud.

* Voyez
N^o. 68. du II.
Livre.

38. L'assemblage des autres cercles a la liberté de tourner sur les deux points qui représentent les deux Poles du Monde : & ces cercles sont soutenus par les deux Colures qui se coupent à angles droits aux deux Poles du Monde. L'Equateur est au milieu du Ciel & de ces deux points ; il coupe l'Horison au vrai Est & au vrai Ouest ; & il est incliné lorsqu'un des Poles est élevé au-dessus de l'Horison, & que l'autre Pole est abaissé. L'Equateur est divisé en degrez qui marquent les Ascensions droites ou les quantités dont les Astres sont plus vers l'Orient les uns que les autres. On verra aussi que l'Ecliptique coupe l'Equateur obliquement ; ces deux cercles font l'un avec l'autre un angle de $23^{\circ} 28\frac{1}{2}'$. L'Ecliptique est non-seulement divisé en degrez & en ses douze signes ; on marque ordinairement à côté les jours ou quantièmes que le Soleil arrive à chaque point par son mouvement particulier ou propre d'Occident en Orient. Ce cercle est presque toujours placé dans les Sphères Armillaires au milieu d'une large bande qu'on nomme *Zodiaque*. On donne à cette bande environ 16 degrez de largeur : elle comprend le mouvement des Planètes qui suivent toutes dans leur mouvement particulier, comme nous l'avons déjà dit, à peu près la même route que le Soleil, mais qui s'en écartent tantôt d'un côté & tantôt de l'autre, d'un certain nombre de degrez.

39. Enfin on voit dans la Sphère Armillaire les deux Tropiques & les deux Cercles polaires. Les deux *Tropiques* sont les deux Paralleles qui servent de limites au Soleil, ils sont éloignés de part & d'autre de l'Equateur de

23^d. 28¹/₂^m. L'Ecliptique va obliquement de l'un à l'autre. Celui qui est du côté du Nord se nomme le *Tropique de Cancer*, parce qu'il répond sous le commencement de ce signe, & l'autre qui est du côté du Sud, se nomme le *Tropique de Capricorne*. Aux environs des deux Poles du Monde on voit deux autres Paralleles : ce sont les *Cercles polaires* qu'on distingue, en nommant l'un, *Arctique* ou *Septentrional*, & l'autre, *Antarctique* ou *Méridional*. Ces Paralleles sont décrits par les Etoiles qui sont éloignées des Poles de 23^d. 28¹/₂^m. ou qui ont précisément 66^d. 31¹/₂^m. de déclinaison.

De quelques autres Cercles qu'on imagine dans la Sphère.

40. On conçoit encore dans la Sphère Armillaire d'autres cercles & d'autres lignes qu'on n'y représente pas, afin d'éviter la confusion. La ligne droite tirée du Zénith au Nadir, se nomme *Ligne verticale*. Nos fils à plomb indiquent la situation de cette ligne, ou en font comme des portions ; & toutes les lignes verticales vont se couper au centre de la Terre.

41. On imagine aussi des cercles qui descendent du Zénith au Nadir, tout autour de nous, en coupant l'Horizon perpendiculairement, & on les nomme *Azimuths* ou *Verticaux*. Ils mesurent la hauteur des Astres, & ils servent aussi à rapporter les Astres aux points de l'Horizon auxquels ils répondent. Il n'est pas nécessaire, par exemple, qu'une Etoile soit dans l'Horizon à 45 degrez de distance du vrai Nord vers l'Orient, pour se trouver au *N E*. Il suffit qu'elle réponde exactement au-dessus du point du *N E*, & c'est assez pour cela qu'elle soit dans le vertical ou azimuth qui passe par ce point.

42. Il y a une infinité de verticaux ou d'azimuths ; & on nomme *premier Vertical*, celui qui coupe l'Horizon au vrai Est & au vrai Ouest. Ce cercle est exactement entre le point du vrai Nord & le point du vrai Sud. Un Astre, quoi-

que très-élevé, qui est dans le premier vertical, répond exactement à l'Est ou à l'Ouest.

43. On conçoit encore de petits cercles qui sont parallèles à l'Horison en-dessus & en-dessous, & qui sont de plus petits en plus petits, à mesure qu'ils sont plus près du Zénith ou du Nadir. On nomme ces cercles *Almicantarats* : ils servent à distinguer les Astres, quant à leur hauteur : les Etoiles qui sont sur le même Almicantarat ont exactement la même hauteur.

Des trois Situations de la Sphère.

44. L'Equateur ayant différentes situations, par rapport à notre Horison, selon les divers endroits de la Terre où nous habitons, on dit que la Sphère est *droite*, *oblique* ou *parallèle*.

45. Presque tous les lieux de la Terre ont la *Sphère oblique*, parce que dans la plupart des Pays, l'Equateur coupe l'Horison obliquement. Un des Poles est élevé & l'autre abaissé. Les Etoiles qui sont très-voisines du Pole élevé ne se couchent pas pour les Peuples qui ont la Sphère oblique ; & en récompense, d'autres Etoiles ne se lèvent jamais, celles qui sont trop près du pole abaissé. Dans la Sphère oblique les jours sont plus grands dans certaines saisons, & plus petits dans d'autres, selon que le Soleil est avancé vers l'un ou l'autre Pole, vers le Pole élevé ou vers le Pole abaissé.

46. Si nous nous rendons à l'Equateur de la Terre, notre Zénith se rendra à l'Equateur du Ciel, & les deux Poles se trouveront dans notre Horison. La Sphère sera alors droite, & il est évident que les jours seront exactement égaux aux nuits, en quelque endroit que soit le Soleil par rapport à l'Equateur céleste. L'Etoile du Nord même restera douze heures au-dessus de l'Horison pour nous, & douze heures au-dessous ; puisque le parallèle qu'elle décrit sera coupé par notre Horison, comme par un dia-

mètre. Il faut, comme il est évident, pour avoir la Sphère droite, se trouver exactement dans le milieu de la Zone torride; * il faut n'avoir point de latitude.

* Voyez
N^o. 10. Liv.
II.

* Voyez
N^o. 11. Liv.
II.

47. Enfin si on pouvoit aller jusqu'à un des Poles de la Terre, ou parvenir jusqu'au milieu d'une des Zones froides ou glaciales, * on auroit la Sphère parallèle, parce que l'Equateur seroit parallèle à l'Horison, ou que ces deux cercles se confondroient l'un avec l'autre. On auroit un des Poles sur la tête: nulle des Etoiles qui seroient dans le même Hémisphère ne se coucheroit. Mais ce qui est principalement digne de remarque, on verroit le Soleil tout le temps qu'il parcourroit une moitié de l'Ecliptique. On le verroit depuis le 20 de Mars jusqu'au 22 Septembre, si l'on étoit au Pole du Nord. Les cercles que cet Astre décrit, en tournant d'Orient en Occident en 24 heures, & dont il n'y a, pendant l'Été, qu'une petite partie au-dessous de la Terre, par rapport à nous, seroient entièrement au-dessus de l'Horison, pour l'Observateur placé au Pole. Ainsi on auroit un jour de six mois consécutifs, qui seroit suivi d'une nuit aussi longue, lorsque le Soleil, en se rendant de l'autre côté de l'Equateur, passeroit au-dessous de l'Horison.

CHAPITRE III.

*De la Distinction des Années Bissextiles
& des Années Communes, avec l'Ex-
plication des Tables de l'Ascension droi-
te & de la Déclinaison du Soleil.*

I.

48. **S**I le Soleil employoit exactement un certain nombre de jours à revenir au même point du Ciel par son mouvement particulier, on ne manqueroit pas de régler

gler la longueur de l'année sur ce nombre de jours ; afin d'attacher , pour ainsi dire , les mêmes saisons aux mêmes quantièmes , & de faire en sorte que toutes les années , autant qu'il dépend de nous , fussent conformes les unes aux autres. Mais on sçait par observation que le Soleil met 365 jours 5 heures 49 minutes à revenir au même degré de l'Ecliptique , & nous ne pouvons pas donner cette longueur à notre année , qui ne doit être formée que d'un certain nombre de jours complets.

49. Tout ce qu'on peut faire de plus pour mieux suivre le cours du Soleil , c'est de joindre des années trop courtes avec des années trop longues , & de faire en sorte qu'un certain nombre des unes & des autres prises ensemble , soit de même longueur qu'un même nombre d'années solaires , ou de révolutions du Soleil autour de l'Ecliptique. On fait trois années de suite de 365 jours , & on ajoute un jour de plus à la quatrième , qu'on fait de 366 jours , & qu'on nomme *Bissextile* , pendant qu'on donne le nom de *communes* aux trois autres. Le jour de plus , on l'ajoute à Février , qui a 29 jours dans les quatrièmes années , au lieu qu'il n'a que 28 jours dans les années communes. Cet arrangement fut prescrit par Jules César ; ce qui est cause qu'on donne le nom de *Stile Julien* à cette manière de régler les années. On a choisi celles dont le nombre est divisible par quatre , pour les rendre bissextils : 1752 est une de ces années ; 1756 en sera également une , de même que 1760 , 1764 , 1768 , &c. elles seront de 366 jours , au lieu que les intermédiaires seront communes , ou ne seront que de 365 jours. Les unes compensant les autres , quatre sont égales à quatre révolutions du Soleil , ou , ce qui revient au même , l'accord entre notre manière de compter & le cours du Soleil , recommence tous les quatre ans.

50. Il y a cependant encore quelque différence au bout de quatre ans ; car pour qu'il y eût égalité , il faudroit que le Soleil mît précisément 365 jours 6 heures à revenir au mê-

me degré de l'Ecliptique, au lieu que, comme nous l'avons dit, il n'employe à achever sa révolution que 365 jours 5 heures 49 minutes. Lorsqu'on a donc égard à la compensation que forment les 4 ans pris ensemble, & qu'on compare chacune de nos années à l'année solaire, il y a un excès de 11 minutes, & sur les quatre ans il y en a un de 44 minutes, c'est-à-dire, que quatre de nos années sont trop longues de 44 minutes, ou que le Soleil, au lieu de finir ses quatre révolutions avec nos quatre années, les finit 44 minutes plutôt.

§ I. Cette différence, en se multipliant, si on ne prenoit soin de la prévenir, deviendrait à la fin très-considérable. Elle avoit déjà produit effectivement 10 jours, lorsque Grégoire XIII, en corrigeant le Calendrier en 1582, ordonna, pour empêcher cette erreur de s'accumuler, qu'on retranchât dans la suite une année bissextile tous les cent ans, excepté à la fin de chaque quatrième siècle. L'année 1700 n'a pas été bissextile par cette raison; 1800 ne le sera pas non plus, ni 1900, mais l'an 2000, fin du quatrième siècle, aura 366 jours. Dans l'impossibilité où l'on se trouve de faire chaque année en particulier égale à celle du Soleil, on réussit presque à rendre quatre de nos années de même longueur que celles du Soleil: la petite différence qui reste au bout des quatre ans, on la corrige de siècle en siècle; & comme cette correction n'est pas encore suffisante, on y retouche tous les quatre cents ans. Cette forme de Calendrier qui est connu sous le nom de *nouveau Stile*, ou de *Stile Grégorien*, n'ayant pas été généralement adoptée, quelques Nations comptent encore actuellement 11 jours de quantité moins que nous. Après l'an 1800 la différence sera augmentée d'un jour, & elle sera de 13 jours pendant les deux siècles qui suivront l'an 1900.



II.

Explications des Tables des Ascensions droites & des Déclinaisons du Soleil.

§ 2. Le concours des années communes & bissextiles nous met dans une espèce de nécessité d'avoir des Tables d'ascensions droites & de déclinaisons, pour quatre années consécutives. Les premières qu'on trouvera à la fin de ce Chapitre marquent les Ascensions droites ou le degré de l'Equateur auquel répond le Soleil; & les quatre dernières nous fournissent les Déclinaisons. Si on nous demande le lieu du Soleil pour le 16 Août 1756, la première de ces Tables nous donnera 148 deg. 8 min. pour l'ascension droite; & la première des quatre de Déclinaisons nous apprendra que la distance du Soleil à l'Equateur est de 12 deg. 54 $\frac{1}{2}$ min. du côté du Nord. Nous connoîtrons parfaitement après cela quel est le point du Ciel qu'occupe le Soleil; nous ferons en état de le marquer sur les Cartes célestes, & nous pourrons aussi le comparer avec le lieu des Etoiles fixes, dont nous avons donné un Catalogue abrégé dans le premier Chapitre. * On verra, par exemple, que le Soleil, le 16 Août 1756, sera très-proche de *Regulus*, dont l'ascension droite sera alors de 148 deg. 50 min. & la déclinaison de 13 deg. 10 min. Une première conséquence qu'on tirera de cette remarque, c'est que toute la partie du Ciel qui est aux environs de *Regulus*, sera alors sur l'Horison en même tems que le Soleil, & ce sera donc la partie opposée qu'on verra pendant la nuit.

§ 3. Si l'on veut avoir le lieu du Soleil pour quelque heure du matin ou du soir, il faudra prendre les parties proportionnelles dans les Tables: l'opération sera toujours très-facile; cependant comme elle exige quelque attention de plus, lorsqu'il s'agit de la déclinaison, nous allons insister un peu sur ce dernier point.

* Voyez
N°. 23.

*Trouver dans les Tables la Déclinaison du
Soleil pour une certaine heure du matin
ou du soir.*

54. La déclinaison du Soleil va en augmentant depuis un équinoxe jusqu'à un solstice, & va au contraire en diminuant depuis un solstice jusqu'à un équinoxe. Outre cela, elle ne change pas toujours également ; elle souffre un changement d'environ 24 min. d'un jour à l'autre vers les équinoxes, au lieu qu'elle change d'une manière presque insensible vers les solstices ; la partie de l'Ecliptique que le Soleil décrit alors, & qui est voisine des Tropiques, étant presque parallèle à l'Equateur. Puisque les Tables nous apprennent la différence pour 24 heures ou pour un jour, il nous suffit toujours de faire une petite Regle de Trois, pour trouver combien la déclinaison doit être plus petite ou plus grande à l'heure proposée qu'à midi. Il ne restera plus ensuite qu'à ajouter ce changement, ou le retrancher, selon que la déclinaison va en augmentant ou en diminuant. Il faut toujours comparer l'heure proposée avec Midi, parce que les Tables sont calculées pour cette dernière heure.

55. Si l'on veut sçavoir, par exemple, combien le Soleil aura de déclinaison le 12 Mars 1756 à 8 heures du matin, on verra dans la Table que le Soleil avance alors vers l'Equateur de 24 minutes par jour. Ainsi dans les quatre heures d'intervalle qu'il y aura depuis 8 heures du matin jusqu'à Midi, la déclinaison doit changer à proportion de quatre minutes, & ces quatre minutes sont à ajouter à 3 deg. 0 min. marqués pour Midi, puisque la déclinaison doit être plus grande le matin. Il suit de-là qu'elle sera à 8 heures du matin de 3 deg. 4 min. & méridionale. Si l'on demandoit la déclinaison pour 4 heures du soir du même jour, les quatre minutes seroient à retrancher du nombre

marqué dans la Table, & on auroit 2 deg. 56 min. pour la déclinaison requise.

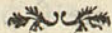
§ 6. *Second Exemple.* On demande la déclinaison du Soleil pour le 18 Avril 1758, à 10 heures du soir. Elle augmente pour ce tems-là de 21 min. par jour; ainsi depuis midi jusqu'à 10 heures du soir elle doit changer de presque 9 min. qui sont à ajouter à la déclinaison pour Midi, & on aura 11 deg. 4 min. On trouve les 9 min. d'augmentation par cette petite Regle de Trois. Si 24 heures font changer la déclinaison de 21 min. quel changement doit produire 10 heures? il vient au quatrième terme $8\frac{1}{4}$ min. & pour ne point s'embarasser de fractions, on prend 9 min. Il est évident qu'il faudroit au contraire retrancher cette même quantité, si on vouloit avoir la déclinaison pour 2 heures du matin. La différence seroit également de 9 min. mais lorsque le Soleil va en augmentant sa déclinaison, il doit en avoir moins le matin; on auroit donc 10 deg. 46 min. pour la distance du Soleil à l'Equateur.

Trouver la Déclinaison du Soleil pour les endroits qui sont à l'Orient ou à l'Occident du Méridien de l'Isle-de-Fer.

§ 7. Nos Tables sont calculées pour l'instant de Midi à l'Isle-de-Fer; mais si on est sur un autre Méridien vers l'Orient ou vers l'Occident, lorsqu'on y aura Midi, il fera une autre heure à l'Isle-de-Fer; ainsi il faudra nécessairement faire une réduction aux Tables, pour pouvoir s'en servir. Si l'on est à l'Orient, on aura Midi plutôt, & on l'aura au contraire plus tard si l'on est à l'Occident. Il suit de-là qu'il faut faire la réduction pour les lieux Orientaux, comme si on vouloit faire servir les Tables pour quelque heure du matin; & qu'il faut opérer au contraire pour les lieux Occidentaux, comme si on vouloit étendre la Table à une certaine heure du soir.

58. Il s'agit en général de chercher par la différence des longitudes quelle heure il est à l'Isle-de-Fer, dans le tems pour lequel on demande la déclinaison. Il faut dans l'évaluation des degrez de longitude, en prendre 15, comme on le sçait, pour une heure, & prendre 4 min. d'heure pour chaque degré. Nous mettons à la suite des Tables des Ascensions droites du Soleil deux petites Tables, qui serviront à faire ces réductions. Supposé donc qu'on soit par 130 degrez de longitude, & qu'on demande la déclinaison pour Midi, on remarquera d'abord, que 130 deg. valent 8 heures 40 min. Lorsqu'on aura Midi, le Soleil sera moins avancé de cette quantité pour l'Isle-de-Fer, & il ne fera que 3 heures 20 min. du matin dans cette Isle. Ainsi il ne restera plus qu'à chercher, par le moyen de nos Tables la déclinaison pour le jour proposé, à 3 heures 20 min. du matin.

59. Supposons, pour second exemple, qu'on soit vers le fond du Golfe du Mexique, par 280 deg. de longitude, & qu'on veuille trouver la déclinaison du Soleil pour le 18 Septembre 1757 à Midi, on fera alors 80 degrez à l'Ouest de l'Isle-de-Fer, ou par 80 deg. de longitude Occidentale; & ces 80 deg. valent 5 heures 20 min. Mais puisqu'on sera à l'Occident de l'Isle-de-Fer, il sera 5 heures 20 min. du soir dans cette Isle, lorsqu'on aura Midi dans le Golfe du Mexique. La question se réduit donc à trouver la déclinaison du Soleil pour l'Isle-de-Fer à 5 heures 20 min. du soir, le 18 Septembre 1757. La différence en déclinaison pour 24 heures est de 23 min. & demie, elle sera à proportion d'un peu plus de 5 min. pour 5 heures 20 min. & ces 5 min. sont à soustraire. Ainsi nous aurons 1 deg. 37 min. pour la déclinaison requise, celle qu'a le Soleil le 18 Septembre 1757, lorsqu'il est 5 heures 20 min. du soir à l'Isle-de-Fer, ou lorsqu'il est Midi par 280 degrez de longitude.



*Remarques sur la Méthode précédente de
faire servir pour un autre Méridien les
Tables dressées pour le Méridien de l'Isle-
de-Fer.*

60. » On se borne ordinairement à la Méthode précé-
» dente dans les Traités de Navigation, pour réduire à
» d'autres Méridiens les Tables dressées pour le Méridien
» de l'Isle-de-Fer, ou de quelque autre endroit : cette Mé-
» thode néanmoins n'est pas générale, & on s'exposeroit
» quelquefois beaucoup en s'y conformant. Il faut néces-
» sairement, lorsqu'on fréquente les parties de notre Glo-
» be qui sont opposées au premier Méridien, faire atten-
» tion à l'endroit dont on part, & au sens dans lequel s'est
» fait la Navigation. Si après s'être rendu d'Europe aux Phi-
» lippines, par la route ordinaire, c'est-à-dire, en doublant
» le Cap de Bonne-Espérance, on entreprendoit un nou-
» veau voyage, & qu'on allât chercher Acapulco ou quel-
» qu'autre port de l'Amérique dans la Mer pacifique, on
» ne se trouveroit plus vers la fin de sa navigation qu'à 80
» ou 100 degrez à l'Ouest du Méridien de l'Isle-de-Fer.
» Mais néanmoins, comme toute la route se feroit faite
» vers l'Est, il faudroit toujours se considérer comme à l'O-
» rient de l'Isle-de-Fer : on seroit par 260 ou 280 degrez de
» longitude, qui valent 17 heures 20 min. ou 18 heures
» 40 min. & qui pourroient produire 17 ou 18 min. de dif-
» férence dans la déclinaison, au lieu qu'on n'en trouve-
» roit que 5 ou 6 par la prétendue règle générale. Outre
» cela, on appliqueroit cette correction dans un sens con-
» traire, ce qui produiroit une erreur de 24 min.

61. » Lorsqu'on seroit arrivé par 280 degrez de longi-
» tude, & qu'on auroit actuellement Midi, il seroit 18
» heures 40 min. de moins à l'Isle-de-Fer, puisqu'en allant
» vers l'Orient, on a eu Midi toujours plutôt. Ainsi lorf-

» qu'on auroit effectivement Midi, il seroit 5 heures 20
 » min. du soir à l'Isle-de-Fer, mais du jour qui précède
 » celui qu'on compte dans le Vaisseau, & ce seroit donc
 » pour ce tems-là qu'il faudroit chercher la déclinaison du
 » Soleil dans la Table.

62. » Nous dirons bien plus. Si l'on abordoit des endroits
 » déserts de l'Amérique dans la Mer du Sud, & qu'on re-
 » vînt en doublant le Cap de Horne, ou en achevant le
 » tour de la Terre, il ne faudroit pas, lorsqu'on arriveroit
 » au premier Méridien, se considérer par zéro de longitu-
 » de, mais par 360 deg. & avoir égard à une différence de
 » Méridiens de 24 heures. Continuant à avancer vers l'Eu-
 » rope, on passeroit le premier Méridien, & lorsqu'on se-
 » roit parvenu à 15 degrez de longitude, la différence de
 » Méridiens ne seroit pas non plus simplement d'une heu-
 » re, mais de 25, qui seroient toujours censé avancées vers
 » l'Orient. Ainsi lorsqu'on voudroit avoir la déclinaison
 » du Soleil pour Midi, il faudroit prendre celle qui con-
 » vient dans les Tables à 25 heures auparavant. Nous
 » avons eu le soin de spécifier expressément qu'on n'avoit
 » abordé que des côtes désertes de l'Amérique : car si l'on
 » entroit dans des ports où il y eût des établissemens Es-
 » pagnols, on trouveroit qu'on y compte un autre quantié-
 » me. Il seroit naturel de se conformer à cette autre façon
 » de compter qui y a été introduite par des Navigateurs qui
 » sont allés en droiture à l'Amérique, en courant à l'Ouest.
 » Il faudroit par conséquent se considérer alors à l'Occi-
 » dent du premier Méridien, faire attention que lorsqu'on
 » a Midi, il est déjà 5 ou 6 heures du même jour à l'Isle-de-
 » Fer, & chercher la déclinaison, pour cette heure-là
 » dans les Tables, lorsqu'on voudroit l'avoir pour le Midi
 » de l'endroit où l'on est.»



Moyen de prolonger les Tables de déclinaisons du Soleil, ou de les faire servir pour des Années postérieures.

63. Une Table de déclinaisons du Soleil peut servir de quatre ans en quatre ans, à cause de l'égalité sensible qu'il y a entre la longueur de quatre de nos années, & quatre révolutions du Soleil autour de l'Ecliptique. Notre première Table est calculée pour 1756; elle peut servir de rechef pour 1760, 1764, 1768, &c. Cependant il faut y appliquer une petite correction pour les années postérieures, parce que le Soleil revient au même degré de l'Ecliptique un peu plutôt qu'à la fin de 4 ans. Il y revient 44 min. plutôt, comme nous l'avons vû ci-devant; * & il suit de-là qu'au bout de 4 de nos années, le Soleil doit avoir un peu plus de déclinaison qu'il n'en avoit, si la déclinaison va en augmentant, & qu'il doit en avoir au contraire un peu moins, si la déclinaison va en diminuant. Pour avoir la différence, il n'y a qu'à remarquer que 44 min. font environ la trente-troisième partie d'un jour. On regardera donc combien il y a de changement en déclinaison d'un jour à l'autre, & on en prendra la trente-troisième partie, qu'on ajoutera au nombre de la Table, si la déclinaison va en augmentant, & qu'on soustraira au contraire, si la déclinaison diminue. * Voy. N^o. 501

64. Supposé que l'année proposée, au lieu de n'être éloignée que de 4 ans de celle de la Table, en fût éloignée de 8 ou de 12, &c. il faudroit prendre deux ou trois trente-troisièmes parties, &c. Cette regle peut servir jusqu'en 1800; le retranchement de la bissextile obligeant alors de dresser de nouvelles Tables, ou de faire quelques changemens à celles que nous donnons.

65. *Premier exemple.* On demande la déclinaison du Soleil pour le 12 Avril 1765, en se servant de la Table

190 NOUVEAU TRAITE' DE NAVIGATION.
calculée pour 1757, première après la bissextile. L'intervalle est de 8 ans ou de deux fois quatre ans. C'est pourquoi je multiplie par deux la différence en déclinaison d'un jour à l'autre, qui est de 22 min. le produit est 44, qui étant divisé par 33, me donne une minute un tiers, qu'il faut ajouter à la déclinaison marquée dans la Table. Il faut ajouter cette petite correction, parce que la déclinaison va alors en augmentant; & il vient un peu plus de 8 deg. 53 min.

66. *Second exemple.* On demande la déclinaison du Soleil pour le 16 Septembre 1798, qui est une seconde année après la bissextile. Je cherche dans la Table calculée pour 1758; il y a 40 ans d'intervalle, ou 10 fois 4 ans. Je multiplie donc par 10 la différence en déclinaison d'un jour à l'autre, qui est de 23 min. & divisant le produit par 33, il me vient presque 7 min. qui sont à soustraire, parce que la déclinaison va en diminuant, dans le tems dont il s'agit: ainsi j'ai 2 deg. 27 min. pour la déclinaison requise, qui sera septentrionale



67. *TAB LE DE L'ASCENSION DROITE DU SOLEIL*
ou du lieu de cet astre réduit à l'Equateur , pour
l'année bissextile 1756 & pour les années 1760 ,
1764 , &c. au Méridien de l'Isle de Fer.

smol	Janvier.		Février.		Mars.		Avril.		Mai.		Juin.		Juillet.		Août.		Septemb.		Octobre.		Novemb.		Décemb.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	281	37	314	42	342	54	11	15	39	3	69	45	100	49	131	59	160	59	188	1	217	10	248	13
2	282	43	315	43	343	50	12	9	40	1	70	47	101	51	132	57	161	53	188	56	218	9	249	18
3	283	49	316	44	344	46	13	4	40	58	71	48	102	53	133	55	162	48	189	50	219	8	250	24
4	284	55	317	44	345	41	13	58	41	56	72	50	103	55	134	53	163	42	190	45	220	8	251	29
5	286	1	318	45	346	37	14	53	42	53	73	52	104	57	135	51	164	36	191	40	221	7	252	34
6	287	7	319	45	347	33	15	48	43	51	74	54	105	58	136	48	165	30	192	34	222	7	253	40
7	288	13	320	45	348	28	16	42	44	49	75	55	107	0	137	46	166	24	193	29	223	8	254	46
8	289	18	321	45	349	23	17	37	45	47	76	57	108	1	138	43	167	18	194	25	224	8	255	52
9	290	24	322	44	350	18	18	32	46	46	77	59	109	3	139	40	168	12	195	20	225	9	256	58
10	291	29	323	44	351	13	19	27	47	44	79	1	110	4	140	37	169	6	196	15	226	9	258	4
11	292	35	324	43	352	8	20	22	48	43	80	4	111	5	141	34	170	0	197	10	227	10	259	10
12	293	40	325	42	353	3	21	17	49	42	81	6	112	6	142	31	170	54	198	6	228	11	260	16
13	294	44	326	41	353	58	22	12	50	40	82	8	113	7	143	27	171	48	199	2	229	13	261	23
14	295	49	327	39	354	53	23	8	51	39	83	10	114	8	144	24	172	42	199	57	230	15	262	29
15	296	54	328	38	355	48	24	3	52	39	84	13	115	9	145	20	173	36	200	53	231	16	263	35
16	297	58	329	36	356	43	24	58	53	38	85	15	116	9	146	16	174	30	201	49	232	18	264	42
17	299	2	330	34	357	37	25	54	54	38	86	17	117	10	147	12	175	24	202	46	233	21	265	49
18	300	6	331	32	358	31	26	50	55	37	87	20	118	10	148	8	176	18	203	42	234	23	266	55
19	301	10	332	30	359	26	27	45	56	37	88	22	119	10	149	4	177	12	204	39	235	26	268	2
20	302	14	333	27	0	21	28	41	57	37	89	24	120	10	149	59	178	6	205	35	236	29	269	8
21	303	17	334	25	1	15	29	37	58	37	90	27	121	10	150	55	179	0	206	32	237	32	270	15
22	304	20	335	22	2	10	30	33	59	37	91	29	122	10	151	50	179	53	207	29	238	35	271	22
23	305	23	336	19	3	4	31	29	60	37	92	32	123	9	152	45	180	47	208	27	239	39	272	29
24	306	26	337	16	3	59	32	26	61	38	93	34	124	9	153	41	181	41	209	24	240	42	273	35
25	307	29	338	12	4	53	33	22	62	38	94	36	125	8	154	36	182	36	210	21	241	46	274	42
26	308	31	339	9	5	48	34	19	63	39	95	38	126	7	155	31	183	30	211	19	242	50	275	49
27	309	34	340	6	6	42	35	15	64	40	96	41	127	6	156	26	184	24	212	17	243	55	276	55
28	310	36	341	2	7	37	36	12	65	41	97	43	128	5	157	20	185	18	213	15	244	59	278	2
29	311	38	341	58	8	31	37	9	66	42	98	45	129	4	158	15	186	12	214	14	246	3	279	8
30	312	39			9	25	38	6	67	43	99	47	130	3	159	10	187	7	215	12	247	8	280	15
31	313	41			10	20			68	44			131	1	160	4			216	11			281	21

Cette Table a été calculée pour 1756 , & il faudra ajouter 2 minutes à ses nombres , lorsqu'on voudra la faire servir pour 1760 : on ajoutera 3 minutes pour la faire servir pour 1764 ; 5 minutes & demie pour 1768 ; 7 minutes pour 1772 ; 9 minutes pour 1776 ; 11 minutes pour 1780 , &c.

*TABLE DE L'ASCENSION DROITE DU SOLEIL
ou du lieu de cet astre réduit à l'Equateur, pour
l'année 1757, première après la bissextile, & pour les
années 1761, 1765, &c. au Méridien de l'Isle de Fer.*

L'Inclinaison	Janvier.		Février.		Mars.		Avril.		Mai.		Juin.		Juillet.		Août.		Septemb.		Octobre.		Novemb.		Décemb.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	282	27	315	28	342	41	11	2	38	49	69	31	100	34	131	45	160	46	187	48	216	56	247	57
2	283	33	316	29	343	37	11	56	39	47	70	32	101	36	132	43	161	40	188	43	217	55	249	2
3	284	39	317	30	344	33	12	51	40	44	71	33	102	38	133	41	162	35	189	37	218	54	250	8
4	285	45	318	30	345	28	13	45	41	42	72	35	103	40	134	39	163	29	190	32	219	54	251	13
5	286	51	319	31	346	24	14	40	42	39	73	37	104	42	135	37	164	23	191	27	220	53	252	18
6	287	56	320	30	347	20	15	35	43	37	74	39	105	43	136	34	165	17	192	21	221	53	253	24
7	289	2	321	30	348	15	16	29	44	35	75	40	106	45	137	32	166	11	193	16	222	54	254	30
8	290	7	322	30	349	10	17	24	45	33	76	42	107	46	138	29	167	5	194	12	223	54	255	36
9	291	13	323	29	350	5	18	19	46	32	77	44	108	48	139	26	167	59	195	7	224	55	256	42
10	292	18	324	29	351	0	19	14	47	30	78	46	109	49	140	24	168	53	196	2	225	55	257	48
11	293	24	325	28	351	55	20	9	48	29	79	49	110	50	141	21	169	47	196	57	226	56	258	54
12	294	29	326	27	352	50	21	4	49	28	80	51	111	51	142	18	170	41	197	53	227	56	260	0
13	295	33	327	26	353	45	21	59	50	26	81	53	112	52	143	14	171	35	198	49	228	58	261	7
14	296	38	328	24	354	40	22	55	51	25	82	55	113	53	144	11	172	29	199	44	230	0	262	13
15	297	43	329	22	355	35	23	50	52	25	83	58	114	54	145	7	173	23	200	40	231	1	263	19
16	298	46	330	20	356	30	24	45	53	24	85	0	115	54	146	3	174	17	201	35	232	3	264	26
17	299	50	331	18	357	24	25	41	54	23	86	2	116	55	146	59	175	11	202	32	233	6	265	33
18	300	54	332	16	358	18	26	37	55	22	87	5	117	55	147	55	176	5	203	28	234	8	266	39
19	301	58	333	14	359	13	27	32	56	22	88	7	118	56	148	51	176	59	204	25	235	11	267	46
20	303	2	334	11	0	8	28	28	57	22	89	9	119	56	149	46	177	53	205	21	236	14	268	52
21	304	5	335	9	1	2	29	24	58	22	90	12	120	56	150	42	178	47	206	18	237	17	269	59
22	305	8	336	6	1	57	30	20	59	22	91	14	121	55	151	37	179	40	207	15	238	20	271	6
23	306	11	337	2	2	51	31	16	60	23	92	17	122	55	152	32	180	34	208	13	239	24	272	13
24	307	14	337	59	3	46	32	13	61	24	93	19	123	54	153	28	181	28	209	10	240	27	273	19
25	308	17	338	55	4	40	33	9	62	24	94	21	124	53	154	23	182	23	210	7	241	31	274	26
26	309	19	339	52	5	35	34	5	63	25	95	23	125	52	155	18	183	17	211	5	242	35	275	33
27	310	21	340	49	6	29	35	1	64	26	96	26	126	51	156	13	184	11	212	3	243	40	276	39
28	311	23	341	45	7	24	35	58	65	27	97	28	127	50	157	7	185	5	213	1	244	43	277	46
29	312	25			8	18	36	55	66	28	98	30	128	49	158	2	185	59	214	0	245	47	278	52
30	313	26			9	12	37	52	67	29	99	32	129	48	158	57	186	54	214	58	246	52	279	59
31	314	28			10	7			68	30			130	46	159	51			215	57			281	5

Cette Table servira pour 1761, en ajoutant 2 minutes à ses nombres. On ajoutera 3 minutes pour 1765; 5 minutes & demie pour 1769; 7 minutes pour 1773; 9 minutes pour 1777; 11 minutes pour 1781, &c.

Il faut au contraire ôter 2 minutes pour faire servir la Table pour 1753.

*TABLE DE L'ASCENSION DROITE DU SOLEIL
ou du lieu de cet astre réduit à l'Equateur, pour l'année
1758, seconde après la bissextile, & pour les années
1762, 1766, &c. au Méridien de l'Isle de Fer.*

Jours.	Janvier.		Février.		Mars.		Avril.		Mai.		Juin.		Juillet.		Août.		Septemb.		Octobre.		Novemb.		Décemb.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	282	11	315	13	342	27	10	49	38	35	69	16	100	19	131	31	160	33	187	35	216	42	247	41
2	283	17	316	14	343	24	11	43	39	33	70	17	101	21	132	29	161	27	188	30	217	41	248	46
3	284	23	317	15	344	20	12	38	40	30	71	18	102	23	133	27	162	22	189	24	218	40	249	52
4	285	29	318	15	345	15	13	32	41	28	72	20	103	25	134	25	163	16	190	19	219	40	250	57
5	286	35	319	16	346	11	14	27	42	25	73	22	104	27	135	23	164	10	191	14	220	39	252	2
6	287	40	320	16	347	7	15	22	43	23	74	24	105	28	136	20	165	4	192	8	221	39	253	8
7	288	46	321	16	348	2	16	16	44	21	75	25	106	30	137	18	165	58	193	3	222	40	254	14
8	289	51	322	16	348	57	17	11	45	19	76	27	107	31	138	15	166	52	193	59	223	40	255	20
9	290	57	323	15	349	52	18	6	46	18	77	29	108	33	139	12	167	46	194	54	224	41	256	26
10	292	2	324	15	350	47	19	1	47	16	78	31	109	34	140	10	168	40	195	49	225	41	257	32
11	293	8	325	14	351	42	19	56	48	15	79	34	110	35	141	7	169	34	196	44	226	41	258	38
12	294	13	326	13	352	37	20	51	49	14	80	36	111	36	142	5	170	28	197	40	227	42	259	44
13	295	17	327	12	353	32	21	46	50	12	81	38	112	37	143	1	171	22	198	36	228	43	260	51
14	296	22	328	10	354	27	22	42	51	11	82	40	113	38	143	58	172	16	199	31	229	45	261	57
15	297	27	329	8	355	22	23	37	52	10	83	43	114	39	144	54	173	10	200	27	230	46	263	3
16	298	31	330	6	356	17	24	32	53	10	84	45	115	39	145	50	174	4	201	22	231	48	264	10
17	299	35	331	4	357	11	25	28	54	9	85	47	116	40	146	46	174	58	202	18	232	51	265	17
18	300	39	332	2	358	5	26	24	55	8	86	50	117	40	147	42	175	52	203	14	233	53	266	23
19	301	43	333	0	359	0	27	19	56	8	87	52	118	41	148	38	176	46	204	11	234	56	267	30
20	302	47	333	57	359	55	28	15	57	8	88	54	119	42	149	33	177	40	205	7	235	59	268	36
21	303	50	334	55	0	49	29	11	58	8	89	57	120	42	150	29	178	34	206	4	237	2	269	43
22	304	53	335	52	1	44	30	7	59	8	90	59	121	41	151	24	179	27	207	1	238	5	270	50
23	305	56	336	48	2	38	31	3	60	8	92	2	122	40	152	19	180	21	207	59	239	9	271	57
24	306	59	337	45	3	33	32	0	61	9	93	4	123	39	153	15	181	15	208	56	240	12	273	3
25	308	2	338	41	4	27	32	56	62	9	94	6	124	38	154	10	182	10	209	53	241	16	274	10
26	309	4	339	38	5	22	33	52	63	10	95	8	125	37	155	5	183	4	210	51	242	20	275	17
27	310	6	340	35	6	16	34	48	64	11	96	11	126	36	156	0	183	58	211	49	243	24	276	23
28	311	8	341	31	7	11	35	44	65	12	97	13	127	35	156	54	184	52	212	47	244	28	277	30
29	312	10			8	5	36	41	66	13	98	15	128	34	157	49	185	46	213	46	245	32	278	36
30	313	11			8	59	37	38	67	14	99	17	129	33	158	44	186	41	214	44	246	36	279	43
31	314	13			9	54			68	15			130	32	159	38			215	43			280	49

Cette Table servira pour 1762 en ajoutant 2 minutes aux nombres qu'elle contient. On ajoutera 3 min. pour 1766 ; 5 min. & demie pour 1770 ; 7 min. pour 1774 ; 9 min. pour 1778 ; 11 min. pour 1782, &c.

Il faut au contraire retrancher 2 minutes des nombres de la Table pour la faire servir pour 1754.

*TABLE DE L'ASCENSION DROITE DU SOLEIL
ou du lieu de cet astre réduit à l'Equateur, pour
l'année 1759, troisième après la bissextile, & pour les
années 1763, 1767, &c. au Meridien de l'Isle de Fer.*

Jours	Janvier.		Février.		Mars.		Avril.		Mai.		Juin.		Juillet.		Août.		Septemb.		Octobre.		Novemb.		Décemb.	
	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.
1	281	55	314	58	342	14	10	36	38	21	69	1	100	4	131	16	160	20	187	22	216	28	247	25
2	283	1	315	59	343	11	11	30	39	19	70	2	101	6	132	15	161	14	188	17	217	27	248	30
3	284	7	317	0	344	7	12	25	40	16	71	3	102	8	133	13	162	9	189	11	218	26	249	36
4	285	13	318	0	345	2	13	19	41	14	72	5	103	10	134	11	163	3	190	6	219	26	250	41
5	286	19	319	1	345	58	14	14	42	11	73	7	104	12	135	9	163	57	191	1	220	25	251	46
6	287	24	320	1	346	54	15	9	43	9	74	9	105	13	136	6	164	51	191	55	221	25	252	52
7	288	30	321	2	347	49	16	3	44	7	75	10	106	15	137	4	165	45	192	50	222	25	253	58
8	289	35	322	2	348	44	16	58	45	5	76	12	107	16	138	1	166	39	193	46	223	26	255	4
9	290	41	323	1	349	39	17	53	46	4	77	14	108	18	138	58	167	33	194	41	224	26	256	10
10	291	46	324	1	350	34	18	48	47	2	78	16	109	19	139	56	168	27	195	36	225	26	257	16
11	292	52	325	0	351	29	19	43	48	1	79	19	110	20	140	53	169	21	196	31	226	26	258	22
12	293	57	325	59	352	24	20	38	49	0	80	21	111	21	141	51	170	15	197	27	227	27	259	28
13	295	1	326	58	353	19	21	33	49	58	81	23	112	22	142	47	171	9	198	23	228	28	260	35
14	296	6	327	56	354	14	22	29	50	57	82	25	113	23	143	44	172	3	199	18	229	30	261	41
15	297	11	328	54	355	9	23	24	51	56	83	28	114	24	144	41	172	57	200	13	230	31	262	47
16	298	16	329	52	356	4	24	19	52	56	84	30	115	24	145	37	173	51	201	8	231	33	263	54
17	299	20	330	50	356	58	25	15	53	55	85	32	116	25	146	33	174	45	202	4	232	36	265	1
18	300	24	331	48	357	52	26	11	54	55	86	35	117	25	147	29	175	39	203	0	233	38	266	7
19	301	28	332	46	358	47	27	6	55	55	87	37	118	26	148	25	176	33	203	57	234	41	267	14
20	302	32	333	43	359	42	28	2	56	55	88	39	119	27	149	20	177	27	204	53	235	44	268	20
21	303	35	334	41	0	36	28	58	57	54	89	42	120	27	150	16	178	21	205	50	236	47	269	27
22	304	38	335	38	1	31	29	54	58	54	90	45	121	26	151	11	179	14	206	47	237	50	270	34
23	305	41	336	34	2	25	30	50	59	54	91	47	122	25	152	6	180	8	207	45	238	54	271	41
24	306	44	337	31	3	20	31	46	60	54	92	49	123	24	153	2	181	2	208	42	239	57	272	47
25	307	47	338	27	4	14	32	42	61	55	93	51	124	23	153	57	181	57	209	39	241	1	273	54
26	308	49	339	24	5	9	33	38	62	55	94	53	125	22	154	52	182	51	210	37	242	5	275	1
27	309	51	340	21	6	3	34	34	63	56	95	56	126	21	155	47	183	45	211	35	243	9	276	7
28	310	53	341	17	6	58	35	30	64	57	96	58	127	20	156	41	184	39	212	33	244	13	277	14
29	311	55			7	52	36	27	65	58	98	0	128	19	157	36	185	33	213	32	245	17	278	20
30	312	56			8	46	37	24	66	59	99	2	129	18	158	31	186	28	214	30	246	21	279	27
31	313	58			9	41			68	0			130	17	159	25			215	29			280	33

Cette Table servira pour 1763 en augmentant de 2 minutes les nombres qu'elle contient. On ajoutera 3 minutes pour 1767 ; 5 minutes & demie pour 1771 ; 7 minutes pour 1775 ; 9 minutes pour 1779 ; 11 min. pour 1783, &c.

Il faut au contraire ôter 2 minutes pour faire servir la Table pour 1755.

68. TABLE

Pour convertir en Heures les Degrés de la révolution journalière.

Degr.	H.	M.	Degr.	H.	M.
Min.	M.	Sec.	Min.	M.	Sec.
1	0.	4	31	2.	4
2	0.	8	32	2.	8
3	0.	12	33	2.	12
4	0.	16	34	2.	16
5	0.	20	35	2.	20
6	0.	24	36	2.	24
7	0.	28	37	2.	28
8	0.	32	38	2.	32
9	0.	36	39	2.	36
10	0.	40	40	2.	40
11	0.	44	41	2.	44
12	0.	48	42	2.	48
13	0.	52	43	2.	52
14	0.	56	44	2.	56
15	1.	0	45	3.	0
16	1.	4	46	3.	4
17	1.	8	47	3.	8
18	1.	12	48	3.	12
19	1.	16	49	3.	16
20	1.	20	50	3.	20
21	1.	24	51	3.	24
22	1.	28	52	3.	28
23	1.	32	53	3.	32
24	1.	36	54	3.	36
25	1.	40	55	3.	40
26	1.	44	56	3.	44
27	1.	48	57	3.	48
28	1.	52	58	3.	52
29	1.	56	59	3.	56
30	2.	0	60	4.	0

USAGE.

On veut savoir combien valent d'heures 50^{d.} 25^{min.}? Vis-à-vis de 50 pris pour des degrés, on trouve 3^{h.} 20^{m.} & vis-à-vis de 25 pris pour des minutes, on a 1^{m.} 40^{sec.} Les 50^{degr.} 25^{m.} valent donc 3^{h.} 21^{m.} 40^{sec.} lorsqu'il s'agit de la révolution journalière.

TABLE pour convertir les Heures en Degrés.

Min.	Deg.	M.	Min.	Deg.	Min.	Heu-	Degrez
Sec.	M.	Sec.	Sec.	Min.	Sec.	res.	
1	0.	15	31	7.	45	1	15
2	0.	30	32	8.	0	2	30
3	0.	45	33	8.	15	3	45
4	1.	0	34	8.	30	4	60
5	1.	15	35	8.	45	5	75
6	1.	30	36	9.	0	6	90
7	1.	45	37	9.	15	7	105
8	2.	0	38	9.	30	8	120
9	2.	15	39	9.	45	9	135
10	2.	30	40	10.	0	10	150
11	2.	45	41	10.	15	11	165
12	3.	0	42	10.	30	12	180
13	3.	15	43	10.	45	13	195
14	3.	30	44	11.	0	14	210
15	3.	45	45	11.	15	15	225
16	4.	0	46	11.	30	16	240
17	4.	15	47	11.	45	17	255
18	4.	30	48	12.	0	18	270
19	4.	45	49	12.	15	19	285
20	5.	0	50	12.	30	20	300
21	5.	15	51	12.	45	21	315
22	5.	30	52	13.	0	22	330
23	5.	45	53	13.	15	23	345
24	6.	0	54	13.	30	24	360
25	6.	15	55	13.	45	25	375
26	6.	30	56	14.	0	26	390
27	6.	45	57	14.	15	27	405
28	7.	0	58	14.	30	28	420
29	7.	15	59	14.	45	29	435
30	7.	30	60	15.	0	30	450

USAGE.

On veut savoir combien 19 heures 41 minutes valent de degrés dans la révolution journalière? Vis-à-vis de 19 heures on trouve 285 degrés; & vis-à-vis de 41 minutes, on a 10 degrés 15 minutes. Les 19 heures 41 minutes valent donc 295 degrés 15 minutes.

69. TABLE DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL
pour l'année bissextile 1756, & pour 1760, 1764,
&c. au Méridien de l'Isle de Fer. 1788.

Jours.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem.	Octobre.	Novemb.	Décemb.
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
	Sud.	Sud.	Sud.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Sud.	Sud.	Sud.
1	23 2 $\frac{1}{2}$	17 9	7 16 $\frac{1}{2}$	4 50 $\frac{1}{2}$	15 18	22 10	23 6	17 53 $\frac{1}{2}$	8 3 $\frac{1}{2}$	3 28	14 42	21 57 $\frac{1}{2}$
2	22 57 $\frac{1}{2}$	16 52	6 53	5 13 $\frac{1}{2}$	15 36	22 17 $\frac{1}{2}$	23 1 $\frac{1}{2}$	17 38	7 41 $\frac{1}{2}$	3 51 $\frac{1}{2}$	15 1	22 6 $\frac{1}{2}$
3	22 52	16 35 $\frac{1}{2}$	6 30 $\frac{1}{2}$	5 36	15 53 $\frac{1}{2}$	22 25	22 56 $\frac{1}{2}$	17 22	7 19 $\frac{1}{2}$	4 14 $\frac{1}{2}$	15 19 $\frac{1}{2}$	22 15
4	22 45 $\frac{1}{2}$	16 16 $\frac{1}{2}$	6 7 $\frac{1}{2}$	5 59	16 11	22 32	22 51 $\frac{1}{2}$	17 6	6 57	4 38	15 38	22 23
5	22 39	15 58 $\frac{1}{2}$	5 44 $\frac{1}{2}$	6 22	16 28	22 38 $\frac{1}{2}$	22 45 $\frac{1}{2}$	16 49 $\frac{1}{2}$	6 34 $\frac{1}{2}$	5 2	15 56 $\frac{1}{2}$	22 30
6	22 32 $\frac{1}{2}$	15 40 $\frac{1}{2}$	5 21	6 44 $\frac{1}{2}$	16 44 $\frac{1}{2}$	22 44 $\frac{1}{2}$	22 39 $\frac{1}{2}$	16 33	6 12	5 24	16 14 $\frac{1}{2}$	22 37 $\frac{1}{2}$
7	22 25	15 21 $\frac{1}{2}$	4 58	7 7	17 1	22 50 $\frac{1}{2}$	22 33	16 16 $\frac{1}{2}$	5 49 $\frac{1}{2}$	5 47	16 32	22 44
8	22 17	15 3	4 34 $\frac{1}{2}$	7 29 $\frac{1}{2}$	17 17 $\frac{1}{2}$	22 56	22 26	15 58 $\frac{1}{2}$	5 27	6 10	16 49 $\frac{1}{2}$	22 50
9	22 9	15 44	4 11	7 51 $\frac{1}{2}$	17 33 $\frac{1}{2}$	23 0 $\frac{1}{2}$	22 19	15 42	5 4 $\frac{1}{2}$	6 33	17 6 $\frac{1}{2}$	22 56
10	22 0	14 24 $\frac{1}{2}$	3 47 $\frac{1}{2}$	8 13 $\frac{1}{2}$	17 49	23 5 $\frac{1}{2}$	22 11 $\frac{1}{2}$	15 24	4 41 $\frac{1}{2}$	6 55 $\frac{1}{2}$	17 23 $\frac{1}{2}$	23 1
11	21 51	14 5	3 24	8 35 $\frac{1}{2}$	18 4 $\frac{1}{2}$	23 9 $\frac{1}{2}$	22 3 $\frac{1}{2}$	15 6 $\frac{1}{2}$	4 18 $\frac{1}{2}$	7 18 $\frac{1}{2}$	17 40	23 6
12	21 41 $\frac{1}{2}$	13 45	3 0	8 57 $\frac{1}{2}$	18 19	23 13	21 55	14 48	3 55 $\frac{1}{2}$	7 41	17 56	23 10
13	21 31 $\frac{1}{2}$	13 25	2 36 $\frac{1}{2}$	9 19	18 34	23 16 $\frac{1}{2}$	21 46	14 30	3 32 $\frac{1}{2}$	8 3 $\frac{1}{2}$	18 12	23 14
14	21 21	13 4 $\frac{1}{2}$	2 13	9 40 $\frac{1}{2}$	18 48 $\frac{1}{2}$	23 19 $\frac{1}{2}$	21 37	14 11 $\frac{1}{2}$	3 9 $\frac{1}{2}$	8 26	18 27 $\frac{1}{2}$	23 17 $\frac{1}{2}$
15	21 10	12 44 $\frac{1}{2}$	1 49 $\frac{1}{2}$	10 2	19 2 $\frac{1}{2}$	23 22	21 27 $\frac{1}{2}$	13 52 $\frac{1}{2}$	2 46 $\frac{1}{2}$	8 48	18 43	23 20 $\frac{1}{2}$
16	20 59	12 23 $\frac{1}{2}$	1 25 $\frac{1}{2}$	10 23 $\frac{1}{2}$	19 16 $\frac{1}{2}$	23 24	21 17 $\frac{1}{2}$	13 33 $\frac{1}{2}$	2 23	9 10	18 58	23 23
17	20 47 $\frac{1}{2}$	12 3	1 2	10 44 $\frac{1}{2}$	19 30	23 25 $\frac{1}{2}$	21 7 $\frac{1}{2}$	13 14	2 0	9 32 $\frac{1}{2}$	19 12 $\frac{1}{2}$	23 25
18	20 35 $\frac{1}{2}$	11 41 $\frac{1}{2}$	0 38 $\frac{1}{2}$	11 5	19 43	23 27	20 57	12 54 $\frac{1}{2}$	1 36 $\frac{1}{2}$	9 54	19 26 $\frac{1}{2}$	23 26 $\frac{1}{2}$
19	20 23	11 20 $\frac{1}{2}$	0 14 $\frac{1}{2}$	11 26	19 55 $\frac{1}{2}$	23 28	20 46	12 35	1 13	10 16	19 40 $\frac{1}{2}$	23 27 $\frac{1}{2}$
20	20 10	11 59	0 9	11 46 $\frac{1}{2}$	20 8	23 28 $\frac{1}{2}$	20 34 $\frac{1}{2}$	12 15	0 49 $\frac{1}{2}$	10 37 $\frac{1}{2}$	19 54	23 28
21	19 57	10 37 $\frac{1}{2}$	0 33	12 7	20 20 $\frac{1}{2}$	23 28 $\frac{1}{2}$	20 23	11 55	0 26 $\frac{1}{2}$	10 59	20 7	23 28 $\frac{1}{2}$
22	19 43 $\frac{1}{2}$	10 15 $\frac{1}{2}$	0 56 $\frac{1}{2}$	12 27	20 32	23 28	20 11	11 35	0 3	11 20	20 20	23 28
23	19 29 $\frac{1}{2}$	9 53 $\frac{1}{2}$	1 20	12 46 $\frac{1}{2}$	20 43 $\frac{1}{2}$	23 27	19 58 $\frac{1}{2}$	11 14 $\frac{1}{2}$	0 20 $\frac{1}{2}$	11 41	20 32 $\frac{1}{2}$	23 27
24	19 15 $\frac{1}{2}$	9 31 $\frac{1}{2}$	1 43 $\frac{1}{2}$	13 6 $\frac{1}{2}$	20 54 $\frac{1}{2}$	23 26	19 46	10 54	0 44	12 2	20 44 $\frac{1}{2}$	23 26
25	19 1	9 9 $\frac{1}{2}$	2 7	13 26	21 5 $\frac{1}{2}$	23 24 $\frac{1}{2}$	19 33	10 33	1 7 $\frac{1}{2}$	12 22 $\frac{1}{2}$	20 56	23 24
26	18 46	8 47	2 30 $\frac{1}{2}$	13 45	21 15 $\frac{1}{2}$	23 22 $\frac{1}{2}$	19 19 $\frac{1}{2}$	10 12	1 31	12 43	21 7 $\frac{1}{2}$	23 22
27	18 30 $\frac{1}{2}$	8 24 $\frac{1}{2}$	2 54	14 4	21 25 $\frac{1}{2}$	23 20	19 6	9 51	1 54 $\frac{1}{2}$	13 3 $\frac{1}{2}$	21 18 $\frac{1}{2}$	23 19
28	18 15	8 2	3 17 $\frac{1}{2}$	14 23	21 35 $\frac{1}{2}$	23 17	18 52	9 30	2 18	13 23 $\frac{1}{2}$	21 29	23 16
29	17 5	7 39 $\frac{1}{2}$	3 41	14 41 $\frac{1}{2}$	21 44 $\frac{1}{2}$	23 13 $\frac{1}{2}$	18 38	9 8 $\frac{1}{2}$	2 41	13 43 $\frac{1}{2}$	21 39	23 12 $\frac{1}{2}$
30	17 42 $\frac{1}{2}$		4 4	15 0	21 53 $\frac{1}{2}$	23 10	18 23 $\frac{1}{2}$	8 47	3 4 $\frac{1}{2}$	14 3	21 48 $\frac{1}{2}$	23 8
31	17 26		4 27		22 2		18 8 $\frac{1}{2}$	8 25		14 22 $\frac{1}{2}$		23 3 $\frac{1}{2}$

*TABLE DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL
pour l'année 1757, première après la bissextile, &
pour 1761, 1765, &c. au Méridien de l'Isle de Fer.*

1789

Jours.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem.	Octobre.	Novemb.	Décemb.
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
	Sud.	Sud.	Sud.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Sud.	Sud.	Sud.
1	22 58 $\frac{1}{2}$	16 56	7 22	4 44 $\frac{1}{2}$	15 13 $\frac{1}{2}$	22 8	23 7	17 57	8 8 $\frac{1}{2}$	3 22 $\frac{1}{2}$	14 37	21 55 $\frac{1}{2}$
2	22 53	16 39	6 59	5 8	15 31 $\frac{1}{2}$	22 16	23 2 $\frac{1}{2}$	17 41 $\frac{1}{2}$	7 46 $\frac{1}{2}$	3 45 $\frac{1}{2}$	14 56 $\frac{1}{2}$	22 4 $\frac{1}{2}$
3	22 47 $\frac{1}{2}$	16 21	6 36 $\frac{1}{2}$	5 30 $\frac{1}{2}$	15 49 $\frac{1}{2}$	22 23 $\frac{1}{2}$	22 58	17 26	7 24 $\frac{1}{2}$	4 9	15 15	22 13
4	22 41	16 3	6 13	5 53 $\frac{1}{2}$	16 6 $\frac{1}{2}$	22 30 $\frac{1}{2}$	22 52 $\frac{1}{2}$	17 10	7 2 $\frac{1}{2}$	4 32	15 33 $\frac{1}{2}$	22 21
5	22 34	15 45	5 50	6 16 $\frac{1}{2}$	16 24	22 37	22 47	16 53 $\frac{1}{2}$	6 40	4 55 $\frac{1}{2}$	15 52	22 28 $\frac{1}{2}$
6	22 26 $\frac{1}{2}$	15 26 $\frac{1}{2}$	5 27	6 39	16 40 $\frac{1}{2}$	22 43 $\frac{1}{2}$	22 41	16 37	6 17 $\frac{1}{2}$	5 18 $\frac{1}{2}$	16 10	22 35 $\frac{1}{2}$
7	22 19	15 7 $\frac{1}{2}$	5 3 $\frac{1}{2}$	7 1 $\frac{1}{2}$	16 57	22 49	22 35	16 20 $\frac{1}{2}$	5 55	5 41 $\frac{1}{2}$	16 27 $\frac{1}{2}$	22 42 $\frac{1}{2}$
8	22 11	14 48 $\frac{1}{2}$	4 40	7 24	17 13 $\frac{1}{2}$	22 54 $\frac{1}{2}$	22 28	16 3 $\frac{1}{2}$	5 32 $\frac{1}{2}$	6 4 $\frac{1}{2}$	16 45	22 48 $\frac{1}{2}$
9	22 2 $\frac{1}{2}$	14 29	4 16 $\frac{1}{2}$	7 46	17 29 $\frac{1}{2}$	22 59 $\frac{1}{2}$	22 21	15 46	5 10	6 27 $\frac{1}{2}$	17 2 $\frac{1}{2}$	22 54 $\frac{1}{2}$
10	21 53	14 9 $\frac{1}{2}$	3 53	8 8 $\frac{1}{2}$	17 45	23 4	22 13 $\frac{1}{2}$	15 28 $\frac{1}{2}$	4 47	6 50	17 19 $\frac{1}{2}$	23 0
11	21 43 $\frac{1}{2}$	13 50	3 29 $\frac{1}{2}$	8 30 $\frac{1}{2}$	18 0 $\frac{1}{2}$	23 8 $\frac{1}{2}$	22 5 $\frac{1}{2}$	15 11	4 24	7 13	17 36	23 5
12	21 34	13 30	3 6	8 52	18 15 $\frac{1}{2}$	23 12 $\frac{1}{2}$	21 57	14 52 $\frac{1}{2}$	4 1	7 35 $\frac{1}{2}$	17 52	23 9
13	21 23 $\frac{1}{2}$	13 9 $\frac{1}{2}$	2 42 $\frac{1}{2}$	9 14	18 30 $\frac{1}{2}$	23 15 $\frac{1}{2}$	21 48 $\frac{1}{2}$	14 34 $\frac{1}{2}$	3 38	7 58	18 8	23 13
14	21 13	12 49 $\frac{1}{2}$	2 19	9 35 $\frac{1}{2}$	18 45	23 19	21 39 $\frac{1}{2}$	14 16	3 15	8 20 $\frac{1}{2}$	18 24	23 16 $\frac{1}{2}$
15	21 2	12 28 $\frac{1}{2}$	1 55	9 57	18 59	23 21 $\frac{1}{2}$	21 30	13 57	2 52	8 42 $\frac{1}{2}$	18 39	23 20
16	20 50	12 8	1 31 $\frac{1}{2}$	10 18	19 13	23 23 $\frac{1}{2}$	21 20	13 38	2 28 $\frac{1}{2}$	9 5	18 54	23 22 $\frac{1}{2}$
17	20 38 $\frac{1}{2}$	11 47	1 7 $\frac{1}{2}$	10 39 $\frac{1}{2}$	19 26 $\frac{1}{2}$	23 25 $\frac{1}{2}$	21 10	13 19	2 5 $\frac{1}{2}$	9 27	19 9	23 24 $\frac{1}{2}$
18	20 26	11 25 $\frac{1}{2}$	0 44	11 0	19 40	23 26 $\frac{1}{2}$	20 59 $\frac{1}{2}$	12 59 $\frac{1}{2}$	1 42	9 49	19 23	23 26
19	20 13 $\frac{1}{2}$	11 4	0 20 $\frac{1}{2}$	11 21	19 52 $\frac{1}{2}$	23 27 $\frac{1}{2}$	20 48 $\frac{1}{2}$	12 40	1 18 $\frac{1}{2}$	10 10 $\frac{1}{2}$	19 37	23 27 $\frac{1}{2}$
20	20 0 $\frac{1}{2}$	10 43	0 3 $\frac{1}{2}$	11 41 $\frac{1}{2}$	20 5 $\frac{1}{2}$	23 28	20 37 $\frac{1}{2}$	12 20	0 55 $\frac{1}{2}$	10 32	19 51	23 28
21	19 47	10 21	0 27	12 2	20 17 $\frac{1}{2}$	23 28 $\frac{1}{2}$	20 26	12 0	0 32	10 53 $\frac{1}{2}$	20 4	23 28 $\frac{1}{2}$
22	19 33	9 59	0 50 $\frac{1}{2}$	12 22	20 29 $\frac{1}{2}$	23 28	20 14	11 40	0 8 $\frac{1}{2}$	11 15	20 17	23 28
23	19 19	9 37	1 14 $\frac{1}{2}$	12 42	20 41	23 27 $\frac{1}{2}$	20 1 $\frac{1}{2}$	11 19 $\frac{1}{2}$	0 15	11 36	20 29 $\frac{1}{2}$	23 27 $\frac{1}{2}$
24	19 4 $\frac{1}{2}$	9 15	1 38	13 1 $\frac{1}{2}$	20 52	23 26	19 49	10 59	0 38 $\frac{1}{2}$	11 57	20 41 $\frac{1}{2}$	23 26
25	18 49 $\frac{1}{2}$	8 52 $\frac{1}{2}$	2 1 $\frac{1}{2}$	13 21 $\frac{1}{2}$	21 3	23 24 $\frac{1}{2}$	19 36	10 38	1 2	12 17 $\frac{1}{2}$	20 53 $\frac{1}{2}$	23 24 $\frac{1}{2}$
26	18 34 $\frac{1}{2}$	8 30	2 25	13 40 $\frac{1}{2}$	21 13	23 23	19 23	10 17 $\frac{1}{2}$	1 25 $\frac{1}{2}$	12 38	21 4 $\frac{1}{2}$	23 22 $\frac{1}{2}$
27	18 18 $\frac{1}{2}$	8 7 $\frac{1}{2}$	2 48 $\frac{1}{2}$	13 59 $\frac{1}{2}$	21 23 $\frac{1}{2}$	23 20 $\frac{1}{2}$	19 9 $\frac{1}{2}$	9 56	1 48 $\frac{1}{2}$	12 58 $\frac{1}{2}$	21 15 $\frac{1}{2}$	23 20
28	18 3	7 45	3 12	14 18 $\frac{1}{2}$	21 33	23 17 $\frac{1}{2}$	18 55 $\frac{1}{2}$	9 35	2 12	13 18 $\frac{1}{2}$	21 26	23 17
29	17 46 $\frac{1}{2}$		3 35	14 37	21 42 $\frac{1}{2}$	23 14 $\frac{1}{2}$	18 41 $\frac{1}{2}$	9 13 $\frac{1}{2}$	2 35 $\frac{1}{2}$	13 38 $\frac{1}{2}$	21 36 $\frac{1}{2}$	23 13 $\frac{1}{2}$
30	17 30		3 58 $\frac{1}{2}$	14 55 $\frac{1}{2}$	21 51 $\frac{1}{2}$	23 11	18 27	8 52	2 59	13 58 $\frac{1}{2}$	21 46	23 9 $\frac{1}{2}$
31	17 13 $\frac{1}{2}$		4 21 $\frac{1}{2}$		22 0		18 12	8 30 $\frac{1}{2}$		14 18		23 5

Cette Table peut servir sans erreur sensible pour 1753.

TABLE DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL
pour l'année 1758, seconde après la bissextile, &
pour 1762, 1766, &c. au Méridien de l'Isle de Fer.
 1790.

Jours.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem.	Octobre.	Novemb.	Décemb.
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
	Sud.	Sud.	Sud.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Nord.	Sud.	Sud.	Sud.
1	23 0	17 0 $\frac{1}{2}$	7 27	4 39	15 9 $\frac{1}{2}$	22 6	23 8	18 0 $\frac{1}{2}$	8 14	3 16 $\frac{1}{2}$	14 32 $\frac{1}{2}$	21 53
2	22 54 $\frac{1}{2}$	16 43	7 5	5 2	15 27 $\frac{1}{2}$	22 14	23 3 $\frac{1}{2}$	17 45 $\frac{1}{2}$	7 52	3 40	14 51 $\frac{1}{2}$	22 2
3	22 49	16 25 $\frac{1}{2}$	6 42	5 25	15 45	22 21 $\frac{1}{2}$	22 59	17 20 $\frac{1}{2}$	7 30	4 3 $\frac{1}{2}$	15 10 $\frac{1}{2}$	22 11
4	22 42 $\frac{1}{2}$	16 7 $\frac{1}{2}$	6 19	5 48	16 2 $\frac{1}{2}$	22 28 $\frac{1}{2}$	22 54	17 14	7 7 $\frac{1}{2}$	4 26 $\frac{1}{2}$	15 29	22 19
5	22 35 $\frac{1}{2}$	15 49 $\frac{1}{2}$	5 55 $\frac{1}{2}$	6 11	16 19 $\frac{1}{2}$	22 35 $\frac{1}{2}$	22 48 $\frac{1}{2}$	16 57 $\frac{1}{2}$	6 45 $\frac{1}{2}$	4 49 $\frac{1}{2}$	15 47 $\frac{1}{2}$	22 26 $\frac{1}{2}$
6	22 28 $\frac{1}{2}$	15 31	5 32 $\frac{1}{2}$	6 33 $\frac{1}{2}$	16 36 $\frac{1}{2}$	22 41 $\frac{1}{2}$	22 42 $\frac{1}{2}$	16 41	6 23	5 13	16 5	22 34
7	22 21	15 12	5 9	6 56	16 53	22 47 $\frac{1}{2}$	22 36 $\frac{1}{2}$	16 24 $\frac{1}{2}$	6 0 $\frac{1}{2}$	5 36	16 23 $\frac{1}{2}$	22 41
8	22 13	14 53	4 45 $\frac{1}{2}$	7 18 $\frac{1}{2}$	17 9 $\frac{1}{2}$	22 53	22 29 $\frac{1}{2}$	16 7 $\frac{1}{2}$	5 38	5 59	16 41	22 47
9	22 4 $\frac{1}{2}$	14 34	4 22 $\frac{1}{2}$	7 40 $\frac{1}{2}$	17 25 $\frac{1}{2}$	22 58 $\frac{1}{2}$	22 22 $\frac{1}{2}$	15 50	5 15	6 22	16 58	22 53
10	21 55 $\frac{1}{2}$	14 14 $\frac{1}{2}$	3 59	8 3	17 41 $\frac{1}{2}$	23 3	22 15	15 32 $\frac{1}{2}$	4 52	6 44 $\frac{1}{2}$	17 15	22 58 $\frac{1}{2}$
11	21 46	13 54 $\frac{1}{2}$	3 35 $\frac{1}{2}$	8 25	17 57	23 7 $\frac{1}{2}$	22 7 $\frac{1}{2}$	15 15	4 29	7 7 $\frac{1}{2}$	17 32	23 3 $\frac{1}{2}$
12	21 36 $\frac{1}{2}$	13 35	3 11 $\frac{1}{2}$	8 47	18 12	23 11 $\frac{1}{2}$	21 59	14 57	4 6 $\frac{1}{2}$	7 30	17 48 $\frac{1}{2}$	23 8
13	21 26	13 14 $\frac{1}{2}$	2 48	9 8 $\frac{1}{2}$	18 27	23 15	21 50 $\frac{1}{2}$	14 38 $\frac{1}{2}$	3 43 $\frac{1}{2}$	7 52 $\frac{1}{2}$	18 4 $\frac{1}{2}$	23 12
14	21 15 $\frac{1}{2}$	12 54 $\frac{1}{2}$	2 24	9 30 $\frac{1}{2}$	18 41 $\frac{1}{2}$	23 18	21 41 $\frac{1}{2}$	14 20 $\frac{1}{2}$	3 20 $\frac{1}{2}$	8 15	18 20	23 16
15	21 4 $\frac{1}{2}$	12 33 $\frac{1}{2}$	2 1	9 51 $\frac{1}{2}$	18 56	23 21	21 32	14 1 $\frac{1}{2}$	2 57 $\frac{1}{2}$	8 37 $\frac{1}{2}$	18 35 $\frac{1}{2}$	23 19
16	20 53	12 13	1 37	10 13	19 9 $\frac{1}{2}$	23 23	21 22 $\frac{1}{2}$	13 42 $\frac{1}{2}$	2 34	8 59 $\frac{1}{2}$	18 50 $\frac{1}{2}$	23 21 $\frac{1}{2}$
17	20 41 $\frac{1}{2}$	11 52	1 13 $\frac{1}{2}$	10 34	19 23 $\frac{1}{2}$	23 25	21 12 $\frac{1}{2}$	13 23 $\frac{1}{2}$	2 11	9 21 $\frac{1}{2}$	19 5 $\frac{1}{2}$	23 24
18	20 29	11 30 $\frac{1}{2}$	0 50	10 55	19 36 $\frac{1}{2}$	23 26 $\frac{1}{2}$	21 2	13 4	1 47 $\frac{1}{2}$	9 43 $\frac{1}{2}$	19 20	23 26
19	20 16 $\frac{1}{2}$	11 9 $\frac{1}{2}$	0 26	11 16	19 49 $\frac{1}{2}$	23 27 $\frac{1}{2}$	20 51	12 44 $\frac{1}{2}$	1 24 $\frac{1}{2}$	10 5 $\frac{1}{2}$	19 34	23 27
20	20 3 $\frac{1}{2}$	10 48	0 2 $\frac{1}{2}$	11 36 $\frac{1}{2}$	20 2	23 28	20 40	12 25	1 1	10 27	19 47 $\frac{1}{2}$	23 28
21	19 50	10 26	0 21 $\frac{1}{2}$	11 57	20 14 $\frac{1}{2}$	23 28 $\frac{1}{2}$	20 28 $\frac{1}{2}$	12 5	0 37 $\frac{1}{2}$	10 48	20 1	23 28 $\frac{1}{2}$
22	19 36 $\frac{1}{2}$	10 4 $\frac{1}{2}$	0 45	12 17	20 26 $\frac{1}{2}$	23 28	20 17	11 45	0 14	11 9 $\frac{1}{2}$	20 13 $\frac{1}{2}$	23 28 $\frac{1}{2}$
23	19 22 $\frac{1}{2}$	9 42 $\frac{1}{2}$	1 8 $\frac{1}{2}$	12 37	20 38	23 27 $\frac{1}{2}$	20 4 $\frac{1}{2}$	11 24 $\frac{1}{2}$	0 9	11 31	20 26 $\frac{1}{2}$	23 27 $\frac{1}{2}$
24	19 8	9 20	1 32	12 57	20 49 $\frac{1}{2}$	23 26 $\frac{1}{2}$	19 52	11 4	0 32 $\frac{1}{2}$	11 52	20 38 $\frac{1}{2}$	23 26 $\frac{1}{2}$
25	18 53	8 58	1 55 $\frac{1}{2}$	13 16 $\frac{1}{2}$	21 0	23 25	19 39 $\frac{1}{2}$	10 43	0 56	12 12 $\frac{1}{2}$	20 50 $\frac{1}{2}$	23 25
26	18 38	8 35 $\frac{1}{2}$	2 19 $\frac{1}{2}$	13 36	21 10 $\frac{1}{2}$	23 23 $\frac{1}{2}$	19 26	10 22 $\frac{1}{2}$	1 19 $\frac{1}{2}$	12 33 $\frac{1}{2}$	21 2	23 23
27	18 22 $\frac{1}{2}$	8 13	2 42 $\frac{1}{2}$	13 55	21 21	23 21	19 12 $\frac{1}{2}$	10 1 $\frac{1}{2}$	1 43	12 53 $\frac{1}{2}$	21 13	23 20 $\frac{1}{2}$
28	18 6 $\frac{1}{2}$	7 50 $\frac{1}{2}$	3 6	14 14	21 31	23 18 $\frac{1}{2}$	18 59	9 40	2 6 $\frac{1}{2}$	13 14	21 23 $\frac{1}{2}$	23 17 $\frac{1}{2}$
29	17 50 $\frac{1}{2}$		3 29 $\frac{1}{2}$	14 32 $\frac{1}{2}$	21 40	23 15 $\frac{1}{2}$	18 45	9 19	2 30	13 34	21 34	23 14
30	17 34		3 53	14 51	21 49	23 12	18 30 $\frac{1}{2}$	8 57 $\frac{1}{2}$	2 53 $\frac{1}{2}$	13 53 $\frac{1}{2}$	21 44	23 10 $\frac{1}{2}$
31	17 17 $\frac{1}{2}$		4 16		21 58		18 15 $\frac{1}{2}$	8 35 $\frac{1}{2}$		14 13		23 6

Cette Table peut servir sans erreur sensible pour 1754.

*TABLE DE LA DÉCLINAISON DU SOLEIL
pour l'année 1759, troisième après la bissextile, &
pour 1763, 1767, &c. au Méridien de l'Isle de Fer.*

1791

Jours.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septemb.	Octobre.	Novemb.	Décemb.
	D. M. Sud.	D. M. Sud.	D. M. Sud.	D. M. Nord.	D. M. Nord.	D. M. Nord.	D. M. Nord.	D. M. Nord.	D. M. Nord.	D. M. Sud.	D. M. Sud.	D. M. Sud.
1	23 1	17 4 $\frac{1}{2}$	7 33	4 33 $\frac{1}{2}$	15 5	22 4	23 9	18 4 $\frac{1}{2}$	8 19	3 11	14 28	21 51
2	22 56	16 47	7 10 $\frac{1}{2}$	4 56 $\frac{1}{2}$	15 23	22 12	23 4 $\frac{1}{2}$	17 49	7 57 $\frac{1}{2}$	3 34 $\frac{1}{2}$	14 47	22 0
3	22 50	16 29 $\frac{1}{2}$	6 47 $\frac{1}{2}$	5 19 $\frac{1}{2}$	15 40 $\frac{1}{2}$	22 19 $\frac{1}{2}$	23 0	17 33 $\frac{1}{2}$	7 35 $\frac{1}{2}$	3 57 $\frac{1}{2}$	15 6	22 8 $\frac{1}{2}$
4	22 44	16 11 $\frac{1}{2}$	6 24 $\frac{1}{2}$	5 41 $\frac{1}{2}$	15 58	22 27	22 55	17 17 $\frac{1}{2}$	7 13	4 21	15 24 $\frac{1}{2}$	22 17
5	22 37 $\frac{1}{2}$	15 53 $\frac{1}{2}$	6 1	6 5	16 15 $\frac{1}{2}$	22 34	22 50	17 1 $\frac{1}{2}$	6 51	4 44	15 43	22 25
6	22 3 $\frac{1}{2}$	15 35 $\frac{1}{2}$	5 38	6 28	16 32 $\frac{1}{2}$	22 40	22 44	16 45	6 28 $\frac{1}{2}$	5 7	16 1	22 32
7	22 23	15 16 $\frac{1}{2}$	5 14 $\frac{1}{2}$	6 50 $\frac{1}{2}$	16 49	22 46	22 38	16 28 $\frac{1}{2}$	6 6	5 30 $\frac{1}{2}$	16 19	22 39
8	22 15	14 57 $\frac{1}{2}$	4 51 $\frac{1}{2}$	7 13	17 5 $\frac{1}{2}$	22 52	22 31	16 11 $\frac{1}{2}$	5 43 $\frac{1}{2}$	5 53 $\frac{1}{2}$	16 36 $\frac{1}{2}$	22 45 $\frac{1}{2}$
9	22 6 $\frac{1}{2}$	14 38 $\frac{1}{2}$	4 28	7 35 $\frac{1}{2}$	17 21 $\frac{1}{2}$	22 57	22 24 $\frac{1}{2}$	15 54 $\frac{1}{2}$	5 21	6 16 $\frac{1}{2}$	16 54	22 51 $\frac{1}{2}$
10	21 57 $\frac{1}{2}$	14 19	4 4 $\frac{1}{2}$	7 57 $\frac{1}{2}$	17 37 $\frac{1}{2}$	23 2	22 17	15 37	4 58	6 39	17 11	22 57
11	21 48 $\frac{1}{2}$	13 59 $\frac{1}{2}$	3 41	8 19 $\frac{1}{2}$	17 53	23 6 $\frac{1}{2}$	22 9	15 19 $\frac{1}{2}$	4 35 $\frac{1}{2}$	7 2	17 28	23 2 $\frac{1}{2}$
12	21 38 $\frac{1}{2}$	13 39 $\frac{1}{2}$	3 17 $\frac{1}{2}$	8 41 $\frac{1}{2}$	18 8 $\frac{1}{2}$	23 10 $\frac{1}{2}$	22 1	15 1 $\frac{1}{2}$	4 12 $\frac{1}{2}$	7 24 $\frac{1}{2}$	17 44 $\frac{1}{2}$	23 7
13	21 28 $\frac{1}{2}$	13 19 $\frac{1}{2}$	2 54	9 3 $\frac{1}{2}$	18 23 $\frac{1}{2}$	23 14	21 52 $\frac{1}{2}$	14 43	3 49 $\frac{1}{2}$	7 47	18 0 $\frac{1}{2}$	23 11 $\frac{1}{2}$
14	21 18	12 59	2 30	9 25	18 38	23 17 $\frac{1}{2}$	21 43 $\frac{1}{2}$	14 25	3 26 $\frac{1}{2}$	8 9	18 18 $\frac{1}{2}$	23 15
15	21 7	12 38 $\frac{1}{2}$	2 6 $\frac{1}{2}$	9 46 $\frac{1}{2}$	18 52 $\frac{1}{2}$	23 20	21 34 $\frac{1}{2}$	14 6	3 3	8 31 $\frac{1}{2}$	18 32	23 18 $\frac{1}{2}$
16	20 56	12 18	1 43	10 8	19 6 $\frac{1}{2}$	23 22 $\frac{1}{2}$	21 25	13 47 $\frac{1}{2}$	2 40	8 54	18 47	23 21
17	20 44	11 57	1 19	10 29	19 20	23 24 $\frac{1}{2}$	21 15	13 28	2 16 $\frac{1}{2}$	9 16	19 2	23 22 $\frac{1}{2}$
18	20 32	11 36	0 55 $\frac{1}{2}$	10 50	19 33 $\frac{1}{2}$	23 26	21 4 $\frac{1}{2}$	13 9	1 53 $\frac{1}{2}$	9 38	19 16 $\frac{1}{2}$	23 25 $\frac{1}{2}$
19	20 19 $\frac{1}{2}$	11 14 $\frac{1}{2}$	0 32	11 11	19 46 $\frac{1}{2}$	23 27	20 54	12 49 $\frac{1}{2}$	1 30	10 0	19 30 $\frac{1}{2}$	23 26 $\frac{1}{2}$
20	20 6 $\frac{1}{2}$	10 53	0 8	11 31 $\frac{1}{2}$	19 59	23 28	20 43	12 29 $\frac{1}{2}$	1 6 $\frac{1}{2}$	10 21 $\frac{1}{2}$	19 44	23 27 $\frac{1}{2}$
21	19 53 $\frac{1}{2}$	10 31 $\frac{1}{2}$	0 15 $\frac{1}{2}$	11 52	20 11 $\frac{1}{2}$	23 28 $\frac{1}{2}$	20 31 $\frac{1}{2}$	12 10	0 43 $\frac{1}{2}$	10 41	19 57 $\frac{1}{2}$	23 28 $\frac{1}{2}$
22	19 40	10 9 $\frac{1}{2}$	0 39	12 12	20 23 $\frac{1}{2}$	23 28	20 19 $\frac{1}{2}$	11 49 $\frac{1}{2}$	0 20	11 4 $\frac{1}{2}$	20 10 $\frac{1}{2}$	23 28
23	19 26	9 47 $\frac{1}{2}$	1 3	12 32 $\frac{1}{2}$	20 35	23 27 $\frac{1}{2}$	20 7 $\frac{1}{2}$	11 29 $\frac{1}{2}$	0 3 $\frac{1}{2}$	11 25 $\frac{1}{2}$	20 23 $\frac{1}{2}$	23 27 $\frac{1}{2}$
24	19 11 $\frac{1}{2}$	9 25 $\frac{1}{2}$	1 26 $\frac{1}{2}$	12 52	20 46 $\frac{1}{2}$	23 27	19 55	11 9	0 27	11 47	20 36	23 27
25	18 57	9 3 $\frac{1}{2}$	1 50	13 11 $\frac{1}{2}$	20 57 $\frac{1}{2}$	23 25 $\frac{1}{2}$	19 42	10 48 $\frac{1}{2}$	0 50 $\frac{1}{2}$	12 7 $\frac{1}{2}$	20 47 $\frac{1}{2}$	23 25 $\frac{1}{2}$
26	18 41 $\frac{1}{2}$	8 41	2 13 $\frac{1}{2}$	13 31	21 8	23 23 $\frac{1}{2}$	19 29 $\frac{1}{2}$	10 27 $\frac{1}{2}$	1 14	12 28	20 59 $\frac{1}{2}$	23 23 $\frac{1}{2}$
27	18 26 $\frac{1}{2}$	8 18 $\frac{1}{2}$	2 37	13 50 $\frac{1}{2}$	21 18 $\frac{1}{2}$	23 21 $\frac{1}{2}$	19 16	10 6 $\frac{1}{2}$	1 37 $\frac{1}{2}$	12 48 $\frac{1}{2}$	21 10 $\frac{1}{2}$	23 21
28	18 10 $\frac{1}{2}$	7 56	3 0 $\frac{1}{2}$	14 9 $\frac{1}{2}$	21 28 $\frac{1}{2}$	23 19	19 2 $\frac{1}{2}$	9 45 $\frac{1}{2}$	2 1	13 9	21 21	23 18 $\frac{1}{2}$
29	17 54 $\frac{1}{2}$		3 24	14 28	21 38	23 17	18 48	9 24	2 24	13 29	21 31 $\frac{1}{2}$	23 15
30	17 38		3 47	14 46 $\frac{1}{2}$	21 47	23 12 $\frac{1}{2}$	18 34	9 2 $\frac{1}{2}$	2 47 $\frac{1}{2}$	13 49	21 41 $\frac{1}{2}$	23 11
31	17 21 $\frac{1}{2}$		4 10 $\frac{1}{2}$		21 55 $\frac{1}{2}$		18 19	8 41		14 8 $\frac{1}{2}$		23 7

Cette Table peut servir sans erreur sensible pour 1755.

CHAPITRE IV.

*Du Mouvement particulier de la Lune ,
& de la manière de calculer les quan-
tités dont cette Planète s'éloigne du So-
leil.*

I.

70. **L**A Lune a un mouvement particulier par rap-
port au Ciel, comme les autres Planètes; ce
mouvement est même très-rapide. Pendant que les Cieux
paroissent entraîner la Lune d'Orient en Occident, & lui
faire faire une révolution, cette Planète avance en sens
contraire vers l'Orient d'environ 13 degrez par jour. La
rapidité de ce mouvement est cause qu'il suffit de le con-
siderer pendant quelques instans pour qu'on s'en apper-
çoive. Si la Lune est auprès d'une certaine Etoile, cette
Planète, une heure après, restera en arrière, ou vers l'Est,
d'environ tout son diamètre ou sa largeur par rapport à l'E-
toile; au bout d'une autre heure elle sera éloignée de l'E-
toile d'environ deux fois son diamètre, & le lendemain
on la verra à une distance beaucoup plus grande vers l'Est
qui fera d'environ 13 degrez, ou de 26 fois son diamètre.

71. La Lune, en continuant de jour en jour à s'éloi-
gner de l'Etoile vers l'Est, s'en rapproche par le côté de
l'Ouest, & vient la rejoindre à la fin, après avoir fait le
tour du Ciel. Il lui faut pour cela environ 27 jours &
demi; c'est ce qu'on nomme son *mois périodique*. Elle
a fait alors une révolution entière d'Occident en Orient,
puisque'elle est revenue exactement au même point du
Ciel. Mais il faut environ deux jours de plus à la Lune
pour atteindre le Soleil qu'elle ne trouve plus dans la

même place, & par rapport auquel elle ne fait qu'environ 12 degrez par jour vers l'Orient. On nomme *Lunaison* ou *Mois synodique*, le tems que la Lune met entre chaque retour au Soleil; ce mois est d'environ 29 jours & demi.

72. La Lune, par son mouvement particulier, ne suit pas précisément l'Ecliptique; c'est-à-dire, qu'en parcourant le Ciel d'Occident en Orient par son mouvement propre, elle ne passe pas précisément auprès des mêmes Etoiles que le Soleil. Elle est extrêmement voisine de nous, en comparaison de tous les autres Astres: elle nous cache les Etoiles, lorsqu'elle passe au-devant, & elle nous cache assez souvent les autres Planètes.

Des différentes Phases de la Lune.

73. Cette Planète n'a point de lumière propre, elle emprunte du Soleil toute celle qu'elle nous paroît avoir. Nous la voyons quelquefois comme divisée en deux parties, dont l'une est tout-à-fait lumineuse, & l'autre obscure. La partie lumineuse est éclairée par le Soleil, elle nous renvoie la lumière qu'elle reçoit, au lieu que l'autre partie est dans l'ombre; c'est la partie de la Lune qui est actuellement plongée dans la nuit, mais dont l'obscurité n'est pas parfaite. Lorsque nous présentons une boule à la lumière d'un flambeau, il y a toujours à peu près la moitié de la boule qui est éclairée par le flambeau: il arrive à peu près la même chose à la Lune; nous ne voyons pas toujours cette Planète parfaitement ronde, parce qu'elle ne nous présente pas continuellement toute sa partie éclairée. On donne le nom de *Phases* à ces différentes apparences que prend la Lune, selon qu'elle est située à l'égard du Soleil, & par rapport à nous.

74. Si la Lune se trouve en *N* (Fig. 54.) sur la ligne droite qui joint le Soleil *S* & la Terre *T*, elle ne nous présentera que sa partie obscure, & nous ne la verrons point.

Figure 54.

On dit alors qu'elle est *nouvelle*, ou qu'elle est *en conjonction*; & c'est de cet instant que commence l'âge de la Lune. Cette Planète nous cache le Soleil, si elle se trouve sur l'Ecliptique, en même tems qu'elle est nouvelle; quelquefois elle se trouve exactement vis-à-vis du Soleil, & si quelque autre circonstance y contribue, l'éclipse est totale, nous perdons le Soleil entièrement de vûe. C'est ce qui ne peut arriver, comme il est évident, que dans le seul tems des conjonctions ou nouvelles Lunes.

75. Sept jours & demi après la conjonction, la Lune se trouve éloignée du Soleil de 90 degrez vers l'Orient; elle est alors comme en *P*, elle ne présente vers nous que la moitié de sa partie éclairée, l'autre moitié étant tournée en dehors par rapport à nous. C'est ce qu'on nomme le premier Quartier. La Lune a alors sept jours & demi d'âge; au lieu de passer par le Méridien, en même tems que le Soleil, elle y passe six heures après, c'est-à-dire, qu'elle y passe à six heures du soir.

76. Quatorze jours & demi ou quinze jours après la nouvelle Lune ou conjonction, cette Planète se trouve en *L*, précisément à l'opposite du Soleil. Alors nous devons la voir parfaitement ronde, parce que toute sa partie éclairée se trouve tournée vers nous. On dit alors que la Lune est *pleine*, ou qu'elle est *en opposition*. Elle nous éclaire dans ce tems-là pendant toute la nuit, & elle passe par le Méridien au-dessus de l'Horison, dans le même instant que le Soleil y passe au-dessous de la Terre.

77. Lorsqu'on considère la Lune pendant la nuit, on a de la peine à concevoir qu'elle puisse recevoir sa lumière du Soleil, qui est au-dessous de l'Horison. Cette difficulté vient de ce que nous nous imaginons que la Terre est très-grosse, & que nous supposons que la Lune n'est tout au plus qu'à quelques lieues de distance: mais cette Planète est éloignée de nous d'environ trente fois le diamètre ou l'épaisseur de notre globe; ainsi le Soleil qui est très-gros & fort loin doit l'éclairer continuellement, ses rayons pas-

fant à côté de la Terre; excepté lorsque la Lune se trouve exactement en opposition sur l'Ecliptique, ou à peu de distance de ce cercle. Dans ce cas, la Terre intercepte ou dérobe la lumière du Soleil; & la Lune qui se trouve à l'opposite & dans l'ombre, souffre nécessairement une éclipse; elle cesse de nous renvoyer de la lumière, parce qu'elle cesse d'en recevoir. Il est évident que ce phénomène ne peut arriver que dans les seules pleines Lunes ou oppositions: car il faut que la Terre soit exactement entre deux, pour qu'elle puisse empêcher la lumière du Soleil de tomber sur la Lune.

Figure 54.

78. Enfin, lorsque la Lune a environ 22 jours & demi d'âge, & qu'elle se trouve au point *D*, n'étant éloignée du Soleil que de 90 degrez du côté de l'Occident, on ne voit plus que la moitié de sa partie éclairée, & elle est alors dans son *dernier Quartier*. Elle continue de s'approcher du Soleil, & lorsqu'elle y est parvenue, on cesse de rechef de la voir, on a une seconde fois nouvelle Lune ou conjonction; ce qui arrive 29 jours & demi après la nouvelle Lune précédente, comme nous l'avons déjà dit.

79. « On nomme Syzygies les nouvelles & pleines Lunes. La ligne des Syzygies est la ligne droite qui passe par le Soleil, par la Terre & par la Lune, soit que cette dernière Planète se trouve de même côté que le Soleil, ou qu'elle se trouve du côté opposé. Les éclipses, comme nous venons de le voir, ne peuvent arriver que dans les Syzygies. Les éclipses du Soleil dans les nouvelles Lunes ou conjonctions, & les éclipses de Lune dans les oppositions. Quoique nous cessions de voir la Lune dans les conjonctions, nous ne regardons pas cette disparition comme une éclipse, parce qu'elle ne se fait pas tout-à-coup, & que nous sçavons bien outre cela que la Lune n'est pas alors privée de sa lumière. Les éclipses ne peuvent durer tout au plus que deux ou trois heures, à cause du mouvement particulier de la Lune, qui fait qu'elle s'écarte assez promptement de la ligne des Syzygies. »

Des quatre petites Lunes qui tournent autour de Jupiter, & des Eclipses auxquelles elles sont sujettes.

80. » La Terre n'a qu'une Lune qui tourne autour
 » d'elle, au lieu que Jupiter, beaucoup plus gros & beau-
 » coup plus éloigné du Soleil, a quatre petites Lunes
 » qui l'accompagnent toujours, & qui tournent autour
 » de lui. Ces quatre petites Lunes, qu'on nomme les
 » Satellites de Jupiter, sont à assez peu de distance de
 » la Planète principale, pour qu'on les embrasse dans le
 » champ de la même Lunette, lorsqu'on observe Jupiter.
 » Elles font leurs révolutions en différens tems, & celle
 » qui est la plus intérieure, ou qui décrit le circuit le
 » moins étendu, n'emploie qu'un jour 18 heures 29 min,
 » à le parcourir. Ainsi elle doit être sujette à des éclipses
 » fréquentes; elle doit en souffrir environ toutes les $42\frac{1}{2}$
 » heures, en se trouvant à l'opposite de Jupiter, par
 » rapport au Soleil. Toutes les fois qu'elle entre dans
 » l'ombre de Jupiter, les Observateurs qui se servent
 » d'assez longues Lunettes pour se rendre témoins de ce
 » spectacle, cessent de voir la petite Lune, & on la voit
 » derechef lorsqu'elle sort de l'ombre, pourvû qu'on n'en
 » soit pas empêché par le corps même de Jupiter, qui peut
 » se trouver au-devant par rapport à nous. On nomme
 » *immersion* l'entrée du Satellite dans l'ombre, & *émersion*
 » la sortie.

81. » Ces phénomènes sont annoncés dans le Livre de
 » la Connoissance des Tems pour le Méridien de Paris.
 » C'est-à-dire, que l'heure de l'immersion ou de l'émer-
 » sion est marquée pour le Méridien de cette Ville;
 » mais l'heure de l'observation doit être ensuite différente
 » pour chaque Observateur, selon qu'il est situé plus vers
 l'Orient

» l'Orient ou vers l'Occident. Les éclipses du premier
 » Satellite sont calculées avec plus d'exactitude que cel-
 » les des autres, parce qu'on connoît mieux ses mouve-
 » mens. Il suffit pour le bien observer de se servir d'une
 » Lunette de 10 ou 12 pieds; il n'y a qu'à la pointer sur
 » Jupiter même. Le Livre que nous venons de citer
 » donne pour une certaine heure de chaque nuit la situa-
 » tion des quatre Satellites, par rapport à la Planète prin-
 » cipale; & on peut, en comparant ces situations pour
 » deux jours consécutifs, distinguer à toute heure un Sa-
 » tellite des autres: il faut toujours pour cela réduire l'heu-
 » re de l'observation au Méridien de Paris.»

III.

*Du Calcul des nouvelles & pleines Lunes,
 & premièrement du Nombre d'or.*

82. Les nouvelles & pleines Lunes ne doivent pas tomber chaque mois les mêmes quantièmes, & elles doivent anticiper, puisque les Lunaïsons ne sont pas de même longueur que nos mois, & qu'elles sont plus courtes. Douze Lunaïsons, au lieu de faire exactement une de nos années, ne font qu'un peu plus de 354 jours 12 heures. Ainsi supposé que la Lune soit nouvelle aujourd'hui, il ne sera pas nouvelle Lune le même quantième dans un an, mais environ 11 jours plutôt. En 3 ans il y a 37 Lunaïsons ou mois lunaires, & environ 3 jours de plus: mais au bout de 19 ans, les nouvelles & pleines Lunes arrivent les mêmes quantièmes & presque à la même heure, parce que 19 ans ou 228 de nos mois, répondent à un nombre exact de Lunaïsons, sçavoir à 235. C'est ce que les anciens Astronomes remarquerent, & ce qui donna lieu d'imaginer le *Nombre d'or*, qui est une révolution de 19 années, après laquelle les Lunaïsons reviennent assez exactement dans le même ordre.

83. Pour trouver le Nombre d'or qui appartient à une année, on ajoute un à l'année proposée, & on divise la somme par 19. Le reste de la division est le Nombre d'or, & on néglige le quotient.

Si l'on propose, par exemple, l'année 1760, il faudra diviser 1761 par 19, & comme il restera 13 à la division, on aura 13 pour le Nombre d'or. On ajoute 1 avant que de faire la division, parce qu'il y avoit 1 de Nombre d'or à la Naissance de JESUS-CHRIST.

De l'Epaëte.

84. Comme les Lunaïsons ne reviennent pas précisément à la même heure au bout de 19 ans, & que la différence, en se multipliant, devient considérable, qu'elle va même à un jour au bout de 304 ans, on a inventé depuis d'autres nombres qu'on nomme *Epaëtes*, qu'on fait répondre au Nombre d'or, mais dont on change le rapport quand il le faut. Ces *Epaëtes* expriment pour chaque année l'âge qu'avoit la Lune à la fin de l'année précédente. A la fin de 1759 la Lune sera, par exemple, âgée de 12 jours, c'est-à-dire, qu'à la fin de 1759 il y aura 12 jours d'écoulés depuis la dernière conjonction ou nouvelle Lune. C'est pourquoi 1760 aura 12 d'Epaëte.

85. Il suit de cette explication que l'Epaëte doit augmenter de 11 chaque année. Car, puisque les nouvelles Lunes arrivent 11 jours plutôt une année que l'année précédente, l'âge de la Lune doit augmenter de la même quantité. Pour trouver les *Epaëtes* dans ce siècle, on divise le Nombre d'or par 3. S'il reste un à la division, on ôte un du Nombre d'or pour avoir l'Epaëte. S'il reste 2 à la division, on ajoute 9 au Nombre d'or, & s'il reste 3, on ajoute 19, & on a l'Epaëte. Supposé que la somme soit plus grande que 30, on en prend le surplus.

86. On a souvent recours à une autre opération, mais qui est absolument équivalente. On compte le Nombre

d'or circulairement sur trois doigts; c'est-à-dire, que du troisième doigt on passe au premier. Si le Nombre d'or finit sur le premier doigt, on en retranche un pour avoir l'Épacte; s'il finit sur le second doigt, on y ajoute 9, & s'il finit sur le troisième, on y ajoute 19. Cette manière de conclure du Nombre d'or les Épactes, les fait augmenter de 11 chaque année. Si le Nombre d'or est 1, on prend 29 pour l'Épacte. Voici une petite Table qui marque la correspondance qu'ont actuellement ces Nombres.

Nombre d'or	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Épactes	29.	11.	22.	3.	14.	25.	6.	17.	28.	9.	20.	1.	12.	23.	4.	15.	26.	7.	18.

Trouver l'Age de la Lune pour un jour proposé.

87. Lorsqu'on veut trouver l'âge de la Lune, on ajoute trois choses ensemble; l'épacte de l'année, le nombre des mois écoulés depuis Mars inclusivement, & le quantième du mois. La somme donne l'âge de la Lune; mais lorsqu'elle surpasse 30 on en prend le surplus, si le mois a 31 jours, & le surplus de 29 si le mois n'a que 30 jours.

88. On demande, par exemple, l'âge de la Lune le 8 Mai 1760. L'Épacte, comme nous l'avons vu, fera de 12. Il y a, outre cela, en Mai trois mois écoulés depuis Mars, parce qu'on comprend Mars dans ce nombre, de même que le mois proposé. La somme des deux nombres fait 15; & ajoutant de plus 8 de quantième, il vient 23 pour l'âge de la Lune. Ainsi selon ce calcul la conjonction arrivera 23 jours avant le 8 Mai 1760, & le 8 Mai fera à peu près le tems du dernier quartier.

89. L'Épacte marque non-seulement l'âge qu'avoit la Lune à la fin de l'année précédente, elle le marque aussi pour Février de l'année courante. Elle augmente, comme nous l'avons vu, de 11 jours d'une année à l'autre, & elle augmente donc à peu près d'un jour chaque mois. C'est

pourquoi on ajoute le nombre des mois écoulés depuis Mars ; on a ensuite l'âge qu'avoit la Lune à la fin du mois qui précède celui dont il s'agit. Mais il faut encore après cela ajouter le quantième du mois, puisque c'est un surcroît de plus à l'âge de la Lune.

90. Lorsque la somme est trop grande, il faut prendre le surplus de 29 ou de 30. Il faudroit dans la rigueur, faire les Lunaïsons de 29 jours 12 heures 44 min. mais on évite les fractions en faisant certaines Lunaïsons plus longues, & d'autres plus courtes.

91. Pour distinguer les mois qui ont 30 jours de ceux qui en ont 31, on ferme deux doigts d'une main le second & le quatrième, & on ouvre les trois autres: ils sont alternativement ouverts & fermés; on prononce ensuite les noms des mois sur les cinq doigts, en commençant par Mars & par le pouce qui est du nombre des doigts ouverts. Tous les mois qui tombent sur les doigts ouverts ont 31 jours, & ceux qui tombent sur les doigts fermés n'en ont que 30. Février forme une exception à cette règle, comme on le sçait: il n'a que 28 jours les années communes, & 29 les années bissextiles.

92. Proposons-nous pour second exemple, de trouver l'âge de la Lune le 23 Nombre 1770. On aura 4 pour le Nombre d'or de cette année-là; l'Epaëte sera de 3; & si l'on fait une somme de l'Epaëte, de 9 qui marque les mois écoulés depuis Mars, & de 23 pour le quantième, on aura 35. Il faut prendre l'excès au-dessus de 29, parce que le mois de Novembre n'a que 30 jours, & il viendra 6 pour l'âge de la Lune.

Trouver immédiatement quel jour du Mois arrive la Nouvelle Lune.

93. Lorsqu'on connoît l'âge de la Lune, on peut sçavoir quel jour arrive la nouvelle Lune; mais on peut le trouver immédiatement, en ajoutant simplement deux

choses, ſçavoir l'Epaſſe avec le nombre des mois écoulés depuis Mars, & en ôtant de 29 ou de 30 la ſomme, ſelon que le mois a 31 jours ou 30 jours; & on l'ôte de 60, ſi elle eſt trop grande. La raiſon de cette pratique eſt bien ſimple. La ſomme de l'Epaſſe & des mois écoulés depuis Mars donne l'âge de la Lune à la fin du mois propoſé. Ainſi en l'ôtant de 30, il doit reſter le jour de la nouvelle Lune.

94. *Exemple.* On demande le jour qu'arrivera la nouvelle Lune en Novembre 1770. L'Epaſſe ſera 3, qui étant ajoutée à 9, donne 12, & ôtant ce dernier nombre de 29, il reſtera 17 pour le jour de la nouvelle Lune. C'eſt ce qui s'accorde avec les 6 jours de Lune que nous trouvons pour le 23.

95. Il ſuffit d'ôter l'Epaſſe de 30 pour avoir le jour de la nouvelle Lune pour Janvier & pour Mars, & on l'ôtera de 29 pour Février.

I V.

Du Cycle Solaire, & de la manière de trouver quel jour de la Semaine doit tomber un Quantième ou une Datte propoſée.

96. « Quoique la manière d'ordonner toutes les parties du Calendrier, n'ait qu'un rapport aſſez éloigné avec le Pilotage, nous croyons néanmoins devoir continuer à en parler. Il eſt à propos de précautionner les Pilotes contre l'inconvénient dans lequel ils tomberoient, ſi pendant les longs ſéjours qu'ils font quelquefois avec leurs Vaiſſeaux ſur des Côtes défertes, ils tomboient dans quelque mécompte ſur le quantième du mois. Il eſt certain que le retour réglé des jours de la ſemaine ſert ſouvent à nous empêcher de nous tromper ſur ce point. »

97. » On nomme *Cycle Solaire*, une révolution de 28
 » ans, à la fin de laquelle les jours de la semaine & les
 » quantièmes des mois se répondent de la même manié-
 » re. Cette révolution est de 28 ans à cause des 7 jours
 » de la semaine qui se multiplient par les quatre années
 » au bout desquelles revient la Bissextile. Pour trouver le
 » Cycle Solaire, on ajoute 9 à l'année proposée, & on
 » divise la somme par 28 ; le quotient de la division mar-
 » que le nombre de fois dont la révolution s'est répétée
 » depuis JESUS-CHRIST, & le reste marque le Cycle So-
 » laire.

98. » Si l'on veut avoir, par exemple, le Cycle So-
 » laire pour 1760, on divisera 1769 par 28, & comme il
 » restera 5 à la division, on aura 5 de Cycle Solaire.

De la Lettre Dominicale.

99. » On assigne dans les Calendriers une des sept pre-
 » mières lettres de l'alphabet à chaque jour du mois ; la
 » *Lettre Dominicale* est celle qui indique les Dimanches ; &
 » le Cycle Solaire sert à trouver cette lettre. Si l'on trou-
 » ve, par exemple, que E soit la Lettre Dominicale d'une
 » certaine année, on n'aura qu'à chercher dans un Calen-
 » drier tous les jours qui sont marqués par E, & on aura les
 » Dimanches : la Lettre Dominicale ne sera plus la même
 » l'année suivante, parce que les Dimanches ne répon-
 » dent pas aux mêmes quantièmes deux années de suite.
 » Le Cycle Solaire sera plus grand, & il indiquera cette
 » différence, qui vient de ce que l'année ne contient
 » pas un nombre exact de semaines. L'année contient 52
 » semaines & un jour lorsqu'elle est commune, & 52 se-
 » maines & deux jours lorsqu'elle est bissextile.

100. » Voici une petite Table qui marque le rapport pour
 » le siècle présent entre le Cycle Solaire & les Let-
 » tres Dominicales. Il faut remarquer que les années bis-
 » sextiles ont deux de ces lettres : la première sert depuis

le commencement de l'année jusqu'au 24 de Février, & « la seconde fert tout le reste de l'année. »

Pour les Lettres Domin. pendant le dix-huitième siècle.

Cycle Solaire	1. 2. 3. 4.	5. 6. 7. 8.	9. 10. 11. 12.	13. 14. 15. 16.
Lettres Domin.	DC. B. A. G.	FE. D. C. B.	AG. F. E. D.	CB. A. G. F.

Cycle Solaire	17. 18. 19. 20.	21. 22. 23. 24.	25. 26. 27. 28.
Lettres Domin.	ED. C. B. A.	GF. E. D. C.	BA. G. F. E.

101. Le retranchement de la Bissextile à la fin de ce « siècle, sera cause que la petite Table précédente cessera « de servir, on aura recours alors à cette autre. »

Pour les Lettres Domin. pendant le dix-neuvième siècle.

Cycle Sol.	1. 2. 3. 4.	5. 6. 7. 8.	9. 10. 11. 12.	13. 14. 15. 16.
Lett. Dom.	ED. C. B. A.	GF. E. D. C.	BA. G. F. E.	DC. B. A. G.

Cycle Sol.	17. 18. 19. 20.	21. 22. 23. 24.	25. 26. 27. 28.
Lett. Dom.	FE. D. C. B.	AG. F. E. D.	CB. A. G. F.

102. On peut suppléer au défaut de la première de « ces petites Tables comme le font plusieurs personnes, « par un moyen qu'on retient aisément. On a cherché des « mots qui commençassent par les Lettres Dominicales. « On peut employer ceux-ci qui sont en usage : *Dei Cælum* « *Bonus Accipe Gratis Filius Esto*. On compte le Cycle solai- « re circulairement sur quatre doigts, & on prononce les « mots précédens, en appliquant toujours deux mots au « premier doigt, parce qu'il répond aux années bissextiles « qui ont deux Lettres Dominicales. »

103. Supposé que le Cycle solaire soit de 10, ce « nombre étant compté sur quatre doigts, finira sur le se- « cond dans le troisième tour. On répétera les mots *Dei* « *Cælum Bonus*, &c. En commençant par *Dei Cælum*, on « s'arrêtera au nombre qui exprime le Cycle solaire, & le « mot *Filius* apprendra que *F* est la Lettre Dominicale, « ou qu'elle indique alors le Dimanche dans le Calen- « drier. »

104. » Dans le siècle suivant on pourra se servir des
 » mêmes mots ; mais au lieu de les commencer par *Dei*
 » *Cælum*, il faudra le faire par *Esto Dei Cælum*, &c.

De la Lettre Fériale.

105. » La Lettre fériale sert à marquer le jour de la se-
 » maine par lequel commence chaque Mois. Il y a des
 » Mois, comme Mars & Novembre, qui commencent
 » par le même jour de la Semaine, parce qu'il y a depuis
 » le commencement de l'un jusqu'au commencement de
 » l'autre, un nombre complet de Semaines : on a eu le soin
 » de donner aussi à ces mois la même Lettre fériale. On
 » les trouvera toutes par le moyen de ces douze mots : *A*
 » *Dieu Donc Gassion, Brave Et Généreux Commandant, Fide-*
 » *le Appui Des François.* Ces mots répondent, selon l'ordre
 » qu'ils suivent à chaque Mois de l'Année, & leur pre-
 » mière lettre est la fériale du Mois dont il s'agit. Juillet,
 » par exemple, étant le septième Mois, il faut s'arrêter
 » au septième mot, qui apprendra que *G* est la Lettre fé-
 » riale.

106. » Ayant trouvé la Lettre fériale, & sçachant d'ail-
 » leurs la Lettre Dominicale, il est facile de trouver quel
 » jour de la Semaine commence un mois proposé. Si on
 » trouve que la Lettre fériale concourt avec la Dominica-
 » le, le Mois commencera par le Dimanche, & les au-
 » tres Dimanches seront les 8, 15, 22 & 29. Si la Let-
 » tre fériale suit immédiatement la Lettre Dominicale, ou
 » si elle la précède, le Mois proposé commencera par le
 » Lundi ou par le Samedi, & les autres Lundi ou Samedi
 » tomberont les 8, 15, 22, &c. comme on le trouve en
 » augmentant continuellement ces quantièmes de sept
 » jours pour chaque Semaine.

107. » Nous nous contenterons, pour éclaircir tout ce
 » que nous venons de dire, de chercher quel jour de la
 » Semaine arrivera le 25 Septembre 1780. Le Cycle Solai-

» re

re de cette année-là fera de 25. Ce nombre compté circulairement sur quatre doigts, finit sur le premier après six tours ; & on trouvera en répétant les mots *Dei Calum Bonus*, &c. qu'il faut s'arrêter aux deux mots *Bonus Accipe*, qui nous donnent *B* & *A* pour Lettres Dominicales. L'année 1780 a deux Lettres Dominicales, parce qu'elle est bissextile ; mais nous devons prendre la seconde, puisqu'il s'agit du mois de Septembre. Ce mois est le neuvième de l'année, & il répond au mot *Fidele* ; ainsi il a *F* pour lettre Fériale ; or cette lettre répond au Vendredi, lorsque la lettre *A* marque le Dimanche. Le premier de Septembre 1780, fera donc un Vendredi, le 8 en fera encore un, de même que le 15 & le 22. Le 25 fera par conséquent un Lundi.

CHAPITRE V.

*Méthode plus exacte que celle de l'Article
III. du Chapitre précédent pour
calculer les Lunaisons.*

I.

108. **N**OUS revenons au calcul des Lunaisons, que nous allons rendre beaucoup plus exact, en employant les Epactes astronomiques à la place des Epactes vulgaires. On fait augmenter celles-ci de 11 jours chaque année commune, au lieu qu'elles n'augmentent réellement que de 10 jours 15 heures 12 min. qui est le surplus de 365 jours sur 12 Lunaisons, qui valent 354 jours 8 heures 48 min. On suppose ordinairement qu'il y a depuis une nouvelle Lune jusqu'à une autre, tantôt 29 jours, & tantôt 30 jours ; au lieu que les mouvemens du Soleil & de la Lune étant regardés com-

E c

» me uniformes, chaque Lunaïson est exactement de 29
 » jours 12 heures 44 min. 3 secondes. Ces différences en
 » entraînent d'autres, & on y a eu égard dans les Epactes
 » astronomiques, sur lesquelles on opère précisément de
 » la même manière que sur les Epactes ordinaires.

109. On ajoute à l'Epacte de 1700 l'augmentation an-
 » nuelle qu'elle a reçue depuis cette première date ou épo-
 » que; ce qui donne déjà l'Epacte pour l'année proposée.
 » Au lieu ensuite du nombre de mois écoulés depuis Mars,
 » on ajoutera l'augmentation particulière reçue par l'E-
 » pacte depuis le commencement de l'année. On retran-
 » che un jour de cette somme pour Janvier & Février, si
 » l'année est bissextile, & après l'avoir ainsi diminué, on
 » l'ôte d'une Lunaïson, ou si elle est trop grande on l'ôte
 » de 59 jours 1 heure 28 min. qui est la valeur de deux
 » Lunaïsons, ou bien on l'ôte de trois Lunaïsons, &c.
 » Le reste donne le jour & l'heure qu'arrive la nouvelle
 » Lune: mais il faut remarquer que les heures que four-
 » nit le calcul commencent toujours à midi, & que si
 » elles surpassent douze heures, le surplus devient des heu-
 » res du matin pour le jour suivant.

110. » Lorsqu'on a l'instant de la nouvelle Lune, on
 » n'a qu'à ajouter 14 jours 18 heures 22 min. qui est la moi-
 » tié d'une Lunaïson, & on trouvera l'instant de la pleine
 » Lune. On peut aussi marquer l'instant de l'un ou de l'au-
 » tre Quartier, en les éloignant de 7 jours 9 heures 11 mi-
 » nutes de l'instant des Syzigies, ou d'une nouvelle ou
 » pleine Lune.

111. » *Premier Exemple.* On de-
 » mande le jour & l'heure qu'ar-
 » rivera la nouvelle Lune au
 » mois d'Avril 1754.

112. » J'ajoute l'Epacte de
 » 1700 avec ses augmentations
 » pour 40 ans, pour 14, & pour
 » Avril; il me vient 37 jours 11 heures 13 min. que

Jours, Heur. Min.			
9	23	08	Epacte pour 1700;
21	21	18	... pour 40 ans.
4	4	59	... pour 14 ans.
1	9	48	... pour Avril.
37	11	13	Somm. des Epact.
59	1	28	Deux Révolut.
21	14	15	Nouvelle Lune en Avril 1754.

J'ôte de deux révolutions ou lunaifons, & il me reste «
21 jours 14 heures 15 min. pour l'instant de la nouvelle «
Lune ; c'est-à-dire, qu'elle arrivera le 22 à 2 heures 15 «
min. du matin. »

113. Si l'on demande la pleine Lune précédente, «
il n'y a qu'à retrancher une demie Lunaifon, & il re- «
ftera 6 jours 19 heures 53 min. pour la pleine Lune ; «
c'est-à-dire, qu'elle arrivera le 7 à 7 heures 53 min. du «
matin. »

114. *Second Exemple.* On de- «
mande la nouvelle Lune au «
mois de Février 1764. »

115. J'ajoute les Epactes «
pour 1700, pour 60 ans, pour «
4 ans, & pour Février, je re- «
tranche un jour de la som- «
me, parce que l'année est bis- «
sextile, & qu'il s'agit de Fé- «

Jours.	Heur.	Min.	
9	23	08	pour 1700.
3	7	13	pour 60 ans.
14	0	1	pour 4 ans.
1	11	16	pour Février.
28	17	38	Somme.
1			
27	17	38	Somme diminuée à cause de la bissext.
29	12	44	Révolution.
1	19	6	Nouvelle Lune en Février 1764.

vrier : je ferois la même chose pour Janvier. «
J'ôte ensuite la somme, d'une révolution, & il me re- «
ste 1 jour 19 heures 6 min. pour l'instant de la nouvelle «
Lune : & comme les 19 heures 6 min. commencent le «
premier à midi, c'est une marque que la nouvelle Lune «
arrivera le 2 à 7 heures 6 min. du matin pour le Méridien de l'Isle-de-Fer. »

116. Si l'on ajoute 7 jours 9 heures 11 min. au tems «
de la nouvelle Lune, on aura le premier Quartier le 9 «
à 4 heures 17 min. après midi. Autres 7 jours 9 heures «
11 min. après, on aura la pleine Lune le 17 à 1 heure «
28 min. du matin. »



I I.

Correction dont a besoin le Calcul précédent.

117. » Quoique l'usage des Epactes astronomiques
 » soit plus sûr que celui des Epactes vulgaires, il s'en faut
 » cependant beaucoup qu'il soit suffisamment exact. Les
 » Epactes astronomiques sont fondées sur une supposition
 » qui n'a pas lieu; elles supposent que les mouvemens
 » du Soleil & de la Lune sont parfaitement uniformes,
 » quoiqu'ils ne le soient pas.

118. » Pour prendre une idée de l'irrégularité du mou-
 » vement de ces deux Planètes, il suffit de jeter les yeux sur
 » la *Figure 55*, dans laquelle la ligne courbe *ABCD* mar-
 » que la route du Soleil ou de la Lune autour de la Terre *T*.
 » Ces Planètes ne paroissent pas décrire un cercle exact
 » par leur mouvement particulier, mais une espèce d'ova-
 » le, dont la Terre n'occupe pas le centre. La Planète
 » change de distance à nous; on s'en est assuré par plusieurs
 » moyens, & on le voit par le changement de grandeur
 » de la Planète, qui nous paroît plus petite ou plus grande,
 » selon qu'elle s'enfonce plus ou moins dans le Ciel. Dans
 » chaque révolution il y a un point plus éloigné, & un au-
 » tre qui est à l'opposite, & qui est plus voisin de nous. Le
 » premier de ces points qui est le point *A*, se nomme
 » *Apogée*, & le point opposé *C*, qui est le plus voisin de
 » nous, se nomme *Périgée*. La Lune passe de l'un à l'autre
 » à peu près dans la moitié d'une Lunaïson, & le Soleil
 » dans la moitié d'une année.

119. » La Planète perd réellement de sa vitesse vers le
 » premier de ces points, & comme elle est alors plus éloi-
 » gnée de nous, c'est une raison de plus, pour qu'elle nous
 » paroisse aller encore plus lentement. A mesure que la
 » Planète avance vers son périgée, ou vers le point *C*,

son mouvement devient plus rapide ; & comme la Planète est plus voisine de nous , sa vitesse nous paroît encore plus grande. Le diamètre de la Planète , ou l'espace qu'elle occupe dans le Ciel nous paroît aussi alors plus grand. Mais le changement que souffre la grandeur apparente de l'Astre , n'est pas aussi considérable à proportion que celui que souffre sa vitesse , parce qu'il y a réellement une diminution de mouvement vers l'apogée , & un accroissement vers le périhélie. Le mouvement est tel qu'il paroîtroit à peu près régulier , si on l'observoit d'un certain point *E* , mais dont nous sommes sur la Terre à une grande distance. Ce point *E* , d'où le mouvement de la Planète paroîtroit égal , est autant avancé vers l'apogée , que le lieu *T* qu'occupe la Terre est voisin du périhélie. «

120. On nomme *Anomalie* l'angle *ATB* , dont la Planète nous paroît éloignée de son apogée *A*. On compte ordinairement cette anomalie par signes qui , comme on le sçait , valent 30 degrez chacun. Lorsque la Planète a exactement six signes d'anomalie , elle est en son périhélie *C* , ou à sa moindre distance de la Terre. Elle continue à tracer l'autre partie *CDA* de sa courbe , & l'anomalie devient de 7 signes , de 8 , de 9 , &c. «

121. Le Soleil se trouve dans son apogée vers la fin du mois de Juin ; de sorte qu'il est réellement un peu plus éloigné de nous en Eté qu'en Hiver , au moins lorsque nous sommes dans l'Hémisphère septentrional de la Terre : mais cette plus grande distance est plus que compensée par la longueur des jours , & aussi par la manière dont nous sommes frappés par les rayons de l'Astre qui est plus proche de notre zénith. La Terre n'étant pas exactement au centre de l'écliptique , le Soleil met sept à huit jours de plus à parcourir les signes septentrionaux que les méridionaux : il nous paroît outre cela un peu plus petit en Eté qu'en Hiver , ce qui ne peut pas manquer «

» d'arriver, puisqu'un objet plus éloigné, lorsque toutes
 » les autres circonstances sont égales, nous paroît toujours
 » moins grand.

I 2 2. Comme le lieu de l'apogée du Soleil ne change
 » que très-lentement, qu'il n'avance guère que d'un degré
 » en 60 ans, on peut supposer pendant très-long-tems
 » qu'il répond au même point de l'Equateur. Ce point a
 » actuellement environ 99 degrez d'ascension droite; c'est-
 » à-dire, qu'à mesurer sa distance dans le sens de l'Equateur,
 » & d'Occident en Orient, il est éloigné de 99 degrez du
 » premier point d'*Aries*. Ainsi il suffit de retrancher ce
 » nombre, de l'ascension droite du Soleil, & on aura
 » assez exactement l'anomalie. Si l'ascension droite de
 » l'Astre n'étoit pas assez grande, on y ajouteroit 360 deg.
 » avant que de faire la soustraction, parce qu'on est con-
 » venu de compter l'anomalie toujours dans le même sens
 » que l'ascension droite, & de commencer à l'apogée.

I 2 3. » Si on nous demande, par exemple, l'anomalie du
 » Soleil pour le 7 Avril 1754, la troisième Table des as-
 » censions droites m'apprend que ce jour-là le Soleil est à
 » un peu plus de 16 degrez de distance du premier point
 » d'*Aries*. Au lieu de 16 degrez, on peut prendre 376 de-
 » grez, en ajoutant 360 degrez; & si on retranche ensuite
 » 99 degrez, il viendra 277 degrez pour l'anomalie du
 » Soleil, c'est-à-dire, 9 signes 7 degrez.

I 2 4. » L'anomalie du Soleil étant trouvée, il n'est
 » pas difficile de sçavoir le diamètre apparent de cet Astre,
 » ou l'angle sous lequel il paroît. Nous avons dit ci-devant
 » qu'il étoit d'environ un demi degré: mais une petite
 » Table qu'on verra au N°. 133, en marquera exacte-
 » ment la grandeur pour toutes les différentes anoma-
 » lies, ou pour toutes les différentes situations du So-
 » leil, par rapport à son apogée *A*, & à son périégée *C*.
 » Supposé que l'anomalie du Soleil soit de 9 signes 7 de-
 » grez, on verra dans la petite Table que le diamètre ap-
 » parent de cet Astre, ou que l'espace qu'il paroît occu-

per dans le Ciel, est alors d'environ 32 min. 9 secondes. « Cette même Table indique les diamètres apparens de la « Lune pour ses anomalies, & marque aussi les divers pa- « rallaxes qu'a cette Planète lorsqu'elle est à l'Horison. « Nous expliquerons ce que c'est que la parallaxe dans le « Livre suivant N°. 76. »

125. L'apogée de la Lune change de place avec « une assez grande vitesse ; il fait environ 40 degrez par « an dans l'ordre des signes. Je joins à la fin de ce Cha- « pitre (N°. 132.) une Table qui marque le progrès de « l'anomalie pour cette Planète. On voit de combien l'a- « nomalie étoit pour 1700, & on fait une somme de « toutes les augmentations qu'elle a reçues depuis. Lorf- « qu'il s'agit de Janvier & de Février dans une année bis- « sextile, la construction de la Table exige qu'on ajoute « un jour de plus au quantième. Nous nous proposerons « pour exemple de chercher l'anomalie de la Lune pour « le 7 Avril 1754 à midi »

126. Nous faisons une somme des accroissemens qu'a « reçu l'anomalie depuis 1700, «
 & de sa quantité pour cette «
 année-là. Il nous vient plus «
 de 12 sig. & nous prenons «
 le surplus, parce que l'ano- «
 malie recommence après «
 chaque révolution que fait la «

Sig. deg. min.			
3	15	12	Anomal. pour 1700.
2	19	26	..... pour 40 ans.
6	21	16	..... pour 14 ans.
3	5	51	..... pour Avril.
3	1	27	..... pour 7 jours.
<hr/>			
7	3	12	Anomalie de la Lune pour le 7 Avril 1754.

Planète par rapport à l'Apogée : cela supposé, nous trou- «
 vons 7 sig. 3 deg. 12 min. pour la quantité dont la Lune «
 sera éloignée de son apogée le 7 Avril 1754 à midi de «
 l'Isle-de-Fer. »

127. Les anomalies du Soleil & de la Lune étant «
 déterminées, on en tire différens usages, dont ce n'est «
 pas ici le lieu de parler ; nous nous proposons de nous en «
 servir actuellement pour avoir les corrections dont a be- «
 soin le calcul des Lunaïsons qui est fondé sur les Epac- «
 tes astronomiques. Les deux Tables des N°. 134. & 135. »

» contiennent ces corrections ou *équations*, car ces deux
 » mots signifient la même chose lorsqu'il s'agit d'Astrono-
 » mie. Nous avons trouvé ci-devant (N°. 113.) que le 7
 » Avril 1754 il sera pleine Lune à 7 heures 53 minutes du
 » matin; nous allons chercher la correction dont a besoin
 » ce calcul.

I 28. » Les anomalies du Soleil & de la Lune pour ce
 » jour-là, seront de 9 signes 7 deg. & de 7 signes 3 deg.
 » Je trouve N°. 134. vis-à-vis de 9 fig. 0 deg. dans la pre-
 » mière Table, 3 heures 21 min. qu'il faut ajouter pour
 » l'irrégularité du mouvement du Soleil; & vis-à-vis de
 » 9 fig. 10 deg. la correction est marquée de 3 heures 17
 » min. Ainsi pour 9 fig. 7 deg. il faut ajouter à peu près 3
 » heures 18 min. On soustrait pour les six premiers signes
 » d'anomalie, qui se comptent en descendant, & on ajou-
 » te pour les six autres.

I 29. » L'autre Table N°. 135. donne les corrections
 » qu'il faut appliquer à cause de l'irrégularité du mou-
 » vement de la Lune. On trouvera vis-à-vis de 7 fig.
 » 3 deg. d'anomalie environ 4 heures 56 min. qu'il faut
 » soustraire, comme il est marqué. Ainsi les deux correc-
 » tions doivent se faire en sens contraires dans le cas pré-
 » sent; l'une détruit en partie l'autre. Eû égard à tout, il
 » faut ôter 1 heure 38 min. de l'heure de la pleine Lune
 » trouvée par les Epactes astronomiques. Au lieu d'arriver
 » le 7 à 7 heures 53 min. du matin, elle arrivera à 6 heu-
 » res 15 min.

I 30. » Il faut remarquer que, quoique les opérations
 » précédentes soient un peu longues, elles ne donnent
 » cependant encore qu'à peu près les Lunaifons. Pour
 » peu qu'on voulût porter la précision encore plus loin,
 » il faudroit avoir diverses autres attentions, qui ren-
 » droient cette recherche beaucoup plus pénible; c'est ce
 » qui nous a obligé de nous borner à ce que nous venons
 » d'expliquer. »



131. *TABLE DES EPACTES ASTRONOMIQUES.*

Epactes des Années depuis J. C.				Epactes des Mois.			
	Jou.	Heur.	Min.	Mois.	Jou.	Heur.	Min.
C. 1700	9	23	8	Janvier.	0	0	0
B. 1720	20	21	48	Février.	1	11	16
B. 1740	2	7	43	Mars.	29	11	16
B. 1760	13	6	21	Avril.	1	9	48
B. 1780	24	5	1	Mai.	1	21	4
C. 1800	4	14	56	Juin.	3	8	20
				Juillet.	3	19	36
				Août.	5	6	52
Epactes des années.				Septembre.	6	18	8
Années.	Jou.	Heur.	Min.	Octobre.	7	5	23
1	10	15	11	Novembre.	8	16	39
2	21	6	23	Décembre.	9	3	55
3	2	8	50				
B. 4	14	0	1				
5	24	15	13				
6	6	17	40				
7	16	8	52				
B. 8	28	0	3				
9	9	2	31				
10	19	17	42				
11	0	20	9				
B. 12	12	11	20				
13	23	2	32				
14	4	4	59				
15	14	20	10				
B. 16	26	11	22				
17	7	13	49				
18	18	5	0				
19	28	20	12				
B. 20	10	22	39				
B. 40	21	21	18				
B. 60	3	7	13				
B. 80	14	5	53				
B. 100	25	4	32				
B. 200	20	20	20				

Révolutions ou Lunaisons.			
	Jours.	Heur.	Min.
I.	29	12	44
II.	59	1	28
III.	88	14	12
IV.	118	2	56
V.	147	15	40
VI.	177	4	24
VII.	206	17	8
VIII.	236	5	52
IX.	265	18	36
X.	295	7	21
XI.	324	20	5
XII.	354	8	49
XIII.	383	21	33
XIV.	413	10	17
XV.	442	23	1
XVI.	472	11	45
XVII.	502	0	29
XVIII.	531	13	13
XIX.	561	1	58
XX.	590	14	41
XXI.	620	3	25
XXII.	649	16	9
XXIII.	679	4	53
XXIV.	708	17	37

132. TABLE De l'Anomalie de la Lune.

Années.	Anomalies.			Progrès de l'Anomalie.		
	Sig.	Deg.	Min.	Jours	Sig.	Deg. Min.
1700	3	15	12	1		13 4
1740	6	4	38	2		26 8
1760	7	14	21	3	1	9 11
1780	8	24	4	4	1	22 15
1800	9	20	44	5	2	5 20
Progrès de l'Anomalie.						
Années.	Sig.	Deg.	Min.	Jours	Sig.	Deg. Min.
1	2	28	43	6	2	18 23
2	5	27	26	7	3	1 27
3	8	26	9	8	3	14 31
4	0	7	57	9	3	27 35
5	3	6	40	10	4	10 32
6	6	5	23	11	4	23 43
7	9	4	6	12	5	6 47
8	0	15	53	13	5	19 51
9	3	14	36	14	6	2 55
10	6	13	19	15	6	15 59
11	9	12	3	16	6	29 3
12	0	23	50	17	7	12 7
13	3	22	33	18	7	25 11
14	6	21	16	19	8	8 15
15	9	20	0	20	8	21 18
16	1	1	46	21	9	4 22
17	4	0	29	22	9	17 26
18	6	29	12	23	10	0 30
19	9	27	56	24	10	13 34
20	1	9	43	25	10	26 38
Janvier.	0	0	0	26	11	9 41
Février.	1	15	1	27	11	22 45
Mars.	1	20	50	28	0	5 49
Avril.	3	5	51	29	0	18 54
Mai.	4	7	48	30	1	1 57
Juin.	5	22	49	31	1	15 1
Juillet.	6	24	46	Heur.		
Avr.	8	9	47	1	0	0 33
Septem.	11	24	47	2	0	1 6
Octobre.	10	26	44	3	0	1 38
Novem.	0	11	45	4	0	2 11
Décem.	1	13	42	5	0	2 43
				6	0	3 16
				7	0	3 49
				8	0	4 21
				9	0	4 54
				10	0	5 26
				11	0	5 59
				12	0	6 32

133. TABLE Des Diametres apparens du Soleil & des Paral- laxes horizontales de la Lune & de ses diametres apparens à l'Horison.

Anomalies du Soleil ou de la Lune.	Diametr. apparens du Soleil.	Parallax. horizont. de la Lune.	Diametr. apparens de la Lune.	Anomalies du Soleil ou de la Lune.
Sig. Deg.	M. s.	M.	M. s.	Sig. Min.
O 0	31 40	54	29 30	XII. 0
10			29 33	20
20			29 38	10
I. 0	31 46		29 46	XI. 0
10	...	55	29 58	20
20			30 12	10
II. 0	31 56		30 27	X. 0
10	...	56	30 47	20
20			31 8	10
III. 0	32 12	58	31 28	IX. 0
10			31 48	20
20	...	60	32 8	10
IV. 0	32 28		32 28	VIII. 0
10			32 47	20
20	...	61	33 2	10
V. 0	32 42		33 13	VII. 0
10			33 22	20
20			33 27	10
VI. 0	32 47	62	33 30	VI. 0



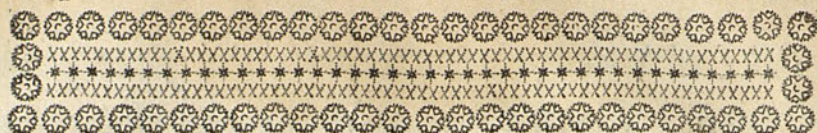
*TABLES des Corrections qu'il faut faire au calcul
des Lunaisons qu'on a cherchées par les
Epâctes Astronomiques.*

134.

<i>Soustrayez en descendant.</i>					
Anomalies du Soleil.		Equations		Anomalies du Soleil.	
Sig.	Deg.	Heur.	Min.	Sig.	Deg.
O	0	0	0	XII.	0
	10	0	34		20
	20	1	7		10
I.	0	1	38	XI.	0
	10	2	6		20
	20	2	31		10
II.	0	2	51	X	0
	10	3	7		20
	20	3	17		10
III.	0	3	21	IX.	0
	10	3	20		20
	20	3	7		10
IV.	0	2	51	VIII.	0
	10	2	31		20
	20	2	6		10
V.	0	1	38	VII.	0
	10	1	7		20
	20	0	34		10
VI.	0	0	0	VI.	0
<i>Ajoutez en montant.</i>					

135.

<i>Ajoutez en descendant.</i>							
Anomalies de la Lune.		Equations pour les Syzygies.		Equations pour les Quadrat.		Anomalies de la Lune.	
Sig.	Deg.	Heur.	Min.	Heur.	Min.	Sig.	Deg.
O	0	0	0	0	0	XII.	0
	10	1	48	2	49		20
	20	3	33	5	26		10
I.	0	5	11	7	45	XI.	0
	10	6	38	9	53		20
	20	7	47	11	35		10
II.	0	8	40	12	54	X.	0
	10	9	17	14	1		20
	20	9	41	14	39		10
III.	0	9	45	14	54	IX.	0
	10	9	32	14	30		20
	20	8	54	13	38		10
IV.	0	8	6	12	38	VIII.	0
	10	7	2	11	22		20
	20	5	51	9	33		10
V.	0	4	32	7	38	VII.	0
	10	3	5	5	6		20
	20	1	33	2	32		10
VI.	0	0	0	0	0	VI.	0
<i>Otez en montant.</i>							



LIVRE QUATRIÈME,

Usages qu'ont dans la Navigation les différentes Connoissances d'Astronomie données dans le Livre précédent.



CHAPITRE PREMIER.

Méthode plus exacte que celle que nous avons expliquée à la fin du second Livre pour trouver l'heure du Flux & Reflux.

I.

I. » **N**OUS sommes en état de calculer maintenant toutes les circonstances des Marées avec » plus d'exactitude que nous ne l'avons fait à la fin du » second Livre. Le Lecteur se souvient sans doute qu'il » est pleine Mer dans chaque Port à la même heure tous » les jours des nouvelles & pleines Lunes, & qu'on prend » cette heure-là pour l'établissement du Port. Les Marées se font les jours suivans à différentes heures, elles » retardent; & nous supposons que le retardement étoit » uniforme, qu'il étoit d'un jour à l'autre, de 48 minutes » d'heure, ou de 4 heures en 5 jours. Mais toutes les observations exactes nous montrent que les Marées ne retardent pas d'une manière égale; elles retardent beaucoup moins vers les nouvelles & pleines Lunes, que vers

les quadratures. Cette inégalité vient de ce que la Lune « n'est pas l'unique cause du flux & reflux, & de ce que le « Soleil y a aussi part. Les deux Astres ayant une certaine « force pour soulever les eaux de la Mer, au-dessus desquel- « les ils passent, il faut considérer leur action comme réu- « nie dans un point moyen: l'endroit le plus élevé de la Mer « ne répond ni à l'un ni à l'au- « tre des deux Astres; il répond « entre les deux, mais il est « plus voisin de la Lune, par- « ce qu'elle agit avec plus de « force, & il ne fait pas au- « tant de chemin que cette « dernière Planète, lorsqu'elle s'éloigne du Soleil. Outre cela, son mouvement n'est pas uniforme; il s'en faut même beaucoup. Voici ci-à-côté une petite Table qui marque d'une manière plus conforme aux observations, les retardemens des Marées, ou leurs anticipations par rapport à l'établissement. »

2 Si nous reprenons l'exemple que nous nous étions proposé au N°. 196 du II. Livre pour le 21 Août 1754 au Havre de Grace, nous n'avons qu'à chercher dans cette Table le retardement pour trois jours qui s'écouleront depuis le 18 Août jusqu'au 21, & on aura 1 h. 46^m. au lieu de 2 h. 24^m. »

*T A B L E du Retardement
des Marées.*

	Anticipation.			Retard.	
	H.	M.		H.	M.
Jours avant la nouvelle ou pleine Lune.	7 $\frac{1}{2}$	• • • •	7 $\frac{1}{2}$	• • • •	
	7	• • • •	7	• • • •	
	6 $\frac{1}{2}$	• • • •	6 $\frac{1}{2}$	• • • •	
	6	5 22	6	0 54	
	5 $\frac{1}{2}$	4 42	5 $\frac{1}{2}$	1 11	
	5	4 4	5	1 28	
	4 $\frac{1}{2}$	3 34	4 $\frac{1}{2}$	1 46	
	4	2 58	4	2 3	
	3 $\frac{1}{2}$	2 29	3 $\frac{1}{2}$	2 21	
	3	2 4	3	2 40	
	2 $\frac{1}{2}$	1 39	2 $\frac{1}{2}$	3 1	
	2	1 17	2	3 21	
Jours depuis la nouvelle ou pleine Lune.	1 $\frac{1}{2}$	0 57	1 $\frac{1}{2}$	3 44	
	1	0 37	1	4 9	
	0 $\frac{1}{2}$	0 18	0 $\frac{1}{2}$	4 37	
	● ○	0 0	☾ ☽	5 6	
	0 $\frac{1}{2}$	0 17	0 $\frac{1}{2}$	5 39	
	1	0 36	1	6 19	
	1 $\frac{1}{2}$	0 54	1 $\frac{1}{2}$	6 58	
	2	1 11	2	7 37	
	2 $\frac{1}{2}$	1 28	2 $\frac{1}{2}$	8 14	
	3	1 46	3	8 47	
	3 $\frac{1}{2}$	2 3	3 $\frac{1}{2}$	9 17	
	4	2 21	4	9 44	
	4 $\frac{1}{2}$	2 40	4 $\frac{1}{2}$	10 9	
	5	3 1	5	10 32	
	5 $\frac{1}{2}$	3 21	5 $\frac{1}{2}$	10 53	
	6	3 44	6	11 13	
	6 $\frac{1}{2}$	• • • •	6 $\frac{1}{2}$	• • • •	
	7	• • • •	7	• • • •	
	7 $\frac{1}{2}$	• • • •	7 $\frac{1}{2}$	• • • •	

» L'établissement du Havre est 9^h. 20^m. Ainsi il sera pleine
 » Mer dans ce Port le 21 Août 1754 à 11^h. 6^m. & non
 » pas à 11^h. 44^m. comme nous le trouvions.

3. » Nous nous étions proposé un autre exemple pour
 » le 16 Janvier 1753 à Brest. Il y aura 12 jours écoulés
 » depuis la nouvelle Lune; mais comme cet intervalle
 » est fort grand, je cherche la distance du jour proposé à
 » la pleine Lune suivante. Nous nous faisons une loi de
 » comparer toujours à la syzygie, ou à la quadrature de la
 » Lune la plus voisine, le jour proposé. La pleine Mer
 » doit arriver avant l'heure de l'établissement, puisque le
 » jour dont il s'agit précède la pleine Lune: ainsi nous ne
 » devons pas trouver la quantité du retardement des ma-
 » rées, mais la quantité de leur anticipation. S'il est ques-
 » tion de la pleine Mer du soir, on remarquera qu'il s'en
 » manque environ trois heures qu'elle ne précède de trois
 » jours la pleine Lune. La petite Table, pour trois jours,
 » donneroit 2^h. 4^m. pour l'anticipation des marées, ou
 » pour la quantité dont elles doivent arriver plutôt qu'à
 » la nouvelle ou pleine Lune; & elle donneroit 1 heure
 » 39 min. pour deux jours & demi. On pourra prendre 1
 » heure 58 min. & si on les retranche de 3 heures 30 min.
 » établissement de Brest, il viendra 1 heure 32 min. pour
 » le tems de la pleine Mer dans ce Port le 16 Janvier
 » 1753. Il ne faut pas que nous ajoûtions, mais que nous
 » retranchions 1 heure 58 min. puisque cette différence
 » que nous fournit la Table est une anticipation, & non
 » pas un retardement.

4. » Au surplus on ne doit pas croire que ce nouveau
 » calcul s'accorde toujours parfaitement avec l'observa-
 » tion. Les vents, selon leurs différentes directions, peu-
 » vent altérer considérablement le mouvement des Ma-
 » rées. Cependant si l'on excepte quelques cas très-rares,
 » la différence n'ira jamais guère qu'à un quart-d'heure;
 » au lieu qu'on peut souvent tomber dans une erreur de
 » plus d'une heure par le calcul ordinaire. Nous devons

ajouter que la petite Table que nous donnons, n'est pas « absolument régulière ; il faudroit dans la rigueur en em- « ployer plusieurs, à cause du peu de conformité qu'il y a « d'une lunaïson à l'autre dans les mouvemens de la Lune « par rapport au Soleil. Au lieu de nous proposer une « précision qu'on n'obtiendrait que très-difficilement, « nous croyons pouvoir nous servir toujours de la même « Table, en évitant attentivement, comme nous venons « de le faire pour l'exemple du 16 Janvier 1753, de pren- « dre un terme de comparaison trop éloigné. Si l'intervalle « est de plus de 4 ou 5 jours pour aller à la nouvelle ou pleine « Lune précédente ou suivante, on regardera combien on « est éloigné de la quadrature, & on se servira de la qua- « trième colonne de la petite Table. »

Trouver l'Etablissement d'un Port.

5. On aura recours à la même Table pour trouver l'é- « tablissement d'un Port, lorsqu'on y aura observé l'heure « de la Marée un certain jour. La Table marquera la quan- « tité du retardement ou de l'anticipation pour le jour de « l'observation, & elle la donnera toujours par rapport à « l'heure de l'établissement. Ainsi il n'y aura qu'à ôter le « retardement, ou ajouter l'anticipation à l'heure qu'on « aura observée, & on aura l'heure de la pleine Mer pour « le jour de la nouvelle & pleine Lune. »

6. On observe, par exemple, la pleine Mer à 10 heu- « res 20 min. dans un certain Port un demi-jour avant la « nouvelle Lune. Nous consultons la petite Table qui « nous apprend qu'un demi-jour donne 18 min. d'antici- « pation, ou que la pleine Mer doit arriver 18 min. plutôt « à cause du demi-jour. On aura donc 10 heures 38 min. « pour l'établissement. »

7. Supposons pour second exemple, que deux jours & « un quart avant une des quadratures, on observe qu'il est « pleine Mer dans un Port à 5 heures 40 min. On trouve- «

» ra dans la Table, 3 heures 11 min. pour le retardement ;
 » d'où il s'ensuivra que la Mer aura été pleine le jour de
 » la nouvelle ou pleine Lune à 2 heures 29 min. & ce fera
 » l'établissement requis. »

I I.

*Ayant observé la hauteur de la Marée dans
 un Port à une nouvelle ou pleine Lune ,
 calculer la hauteur que doit avoir la Ma-
 rée aux autres conjonctions ou opposi-
 tions , & aux quadratures.*

8. » Nous pouvons prévoir aussi quelle sera la hauteur
 » de la Marée dans un Port, lorsque nous en aurons déjà
 » observé une. Le flux & reflux deviennent plus ou moins
 » grands, lorsque le Soleil & la Lune changent de dis-
 » tance par rapport à la Terre. Si ces deux Planètes sont
 » plus éloignées de nous, elles agiront moins sur la Mer,
 » & leur effet souffrira une diminution qui ne sera pas sim-
 » plement moindre dans le même rapport qu'elles seront
 » à une plus grande distance de la Terre; mais environ
 » trois fois davantage. D'un autre côté la Lune, comme
 » nous l'avons déjà dit, contribue beaucoup plus que le
 » Soleil aux mouvemens du flux & reflux, elle y a envi-
 » ron $3\frac{1}{2}$ fois plus de part; elle en produit environ les sept
 » neuvièmes, pendant qu'il faut attribuer les deux autres
 » neuvièmes à l'action du Soleil. C'est ce qu'on a décou-
 » vert, en comparant les Marées des nouvelles & pleines
 » Lunes, qui sont causées par l'action réunie des deux
 » Planètes, avec les Marées des quadratures qui répon-
 » dent à l'excès d'une action sur l'autre. On s'est mis en
 » état, par ces observations, de calculer pour la suite la
 » hauteur de toutes les Marées dans les différens Ports;
 » mais nous nous bornerons ici aux seules grandes Marées
 qui

qui suivent les nouvelles ou pleines Lunes, & aux plus petites qui suivent les quadratures. «

9. Au lieu de fonder notre calcul sur les distances du Soleil & de la Lune à la Terre, nous employerons les diamètres apparens de ces Planètes. Lorsqu'elles s'approchent de nous, leur diamètre apparent augmente; ce qui est plus propre à exprimer l'augmentation que reçoivent aussi les Marées. Nous avons donné à la fin du Livre précédent N°. 133, une petite Table qui nous indique ces diamètres; nous les réduirons en secondes, & pour exprimer d'une manière générale l'effet des deux Planètes dans le flux & reflux, nous ajouterons le double & un tiers du diamètre apparent de la Lune, avec les deux tiers du diamètre du Soleil. Il y auroit une petite réduction à faire à ce dernier diamètre, pour se conformer rigoureusement aux suppositions que nous embrassons, parce que les diamètres moyens du Soleil & de la Lune ne sont pas égaux; mais nous pouvons négliger ici cette différence, d'autant plus qu'il y a lieu de croire que l'action de la Lune n'est pas tout-à-fait trois fois & demie plus forte que celle du Soleil. En ajoutant ces produits des diamètres, nous aurons une somme, & elle aura un rapport constant avec la grandeur des Marées dans chaque Port, pourvu que les autres circonstances soient les mêmes. «

10. La déclinaison des deux Planètes influe aussi sur le flux & reflux; mais il est beaucoup moins facile de marquer la loi que suit ce dernier changement qui ne doit pas être le même pour tous les endroits de la Mer. La diminution en déclinaison produit dans ces Pays-ci le même effet que l'augmentation des diamètres apparens des deux Planètes; les Marées deviennent plus grandes, lorsque la Lune s'approche de l'Equateur. Ainsi on doit introduire dans la somme dont nous venons de parler, une certaine partie de la déclinaison, à laquelle nous n'aurions point d'égard si nous étions dans la Zone «

» torride. Nous prendrons le quart de cette déclinaison
 » après l'avoir réduite en minutes ; & si on l'ôte de la somme des deux autres quantités, que nous ont fourni les diamètres, on trouvera un nombre que nous nommerons l'*Exposant des hauteurs des Marées*, parce qu'il aura toujours sensiblement le même rapport avec ces hauteurs.

I 1. » Lorsqu'on aura donc observé la hauteur d'une grande Marée à la suite d'une nouvelle & pleine Lune, il n'y aura qu'à en chercher l'*Exposant*, comme nous venons de l'indiquer ; & si on calcule après cela le même *Exposant* pour toute autre nouvelle ou pleine Lune, il ne restera plus qu'une simple règle de Trois à faire pour trouver la quantité du flux & reflux. Le premier *Exposant* sera à la hauteur de la Marée observée, comme tout autre *Exposant* trouvé pour une autre syzygie sera à la hauteur qu'on vouloit découvrir.

I 2. » Si on demande la hauteur de la Marée pour une des quadratures, & non pas pour une nouvelle ou pleine Lune, il suffira, lorsqu'on en cherchera l'*Exposant*, de soustraire les deux tiers du diamètre apparent du Soleil, au lieu de les ajouter ; & il n'y aura aucune autre différence dans le calcul.

I 3. » Nous éclaircirons tout ce que nous venons de dire par un exemple. Nous supposons qu'on a observé dans un certain Port le 19 Mars 1745, un jour & demi après la pleine Lune, que la hauteur de la Marée a été de 17 pieds 6 pouces, & nous chercherons combien la Mer montera dans le même Port à la nouvelle Lune de Juin 1754.

I 4. » Nous trouverons d'abord, comme nous l'avons expliqué à la fin du Livre précédent, les diamètres du Soleil & de la Lune pour l'instant de la pleine Lune de Mars 1745 ; nous ne chercherons pas ces diamètres pour l'instant de la Marée, mais pour celui de la syzygie, parce que la grandeur du flux & reflux dépend des circonstances de la syzygie, quoiqu'elles soient anté-

rieures d'environ un jour & demi : il faut ce jour & demi « pour qu'elles produisent leur effet ici-bas. Nous trou- « vons $33' 22''$ pour le diamètre apparent de la Lune, ou « $2002''$, & pour celui du Soleil $32' 18''$, ou $1938''$. Nous « ajouterons le double & un tiers du premier de ces dia- « mètres, avec les deux tiers du second; ce qui nous don- « nera 5963 : la déclinaison de la Lune étoit alors d'en- « viron 2 deg. 16 min. comme on l'apprendra de quelque « Calendrier, ou bien on prendra la déclinaison du So- « leil pour le même jour. Si l'on soustrait de 5963 le « quart de cette déclinaison réduite en minutes, il vien- « dra 5929 pour l'Exposant de la grandeur du flux & re- « flux observé de 17 pieds 6 pouces le 19 Mars 1745 dans « le Port dont il s'agit. »

15. Il faudra faire la même chose pour le 20 Juin « 1754. On trouvera le diamètre de la Lune de $31' 42''$, « celui du Soleil de $31' 40''$, & la déclinaison de la Lune « de 18 deg. 34 min. ce qui donnera 4438, 1267 & « 278 pour les trois produits : on ôtera le dernier de ces « nombres de la somme des deux premiers ; mais s'il s'a- « gissoit d'une quadrature, on ôteroit aussi le second nom- « bre. On aura 5427 pour l'Exposant, & ce sera le troisié- « me terme de la règle de Trois, dont le premier terme « fera 5929, & le second 17 pieds 6 pouces, hauteur de « la Marée observée. Enfin la règle de Trois étant faite, il « viendra un peu plus de 16 pieds pour la hauteur qu'aura « la Marée à la nouvelle Lune de Juin 1754. »

16. Le calcul ne fera guère moins exact, & on l'a- « brégera assez considérablement, en cherchant simple- « ment la différence des hauteurs des Marées. On verra « de combien augmentent ou diminuent depuis un tems « jusqu'à l'autre les diamètres apparens du Soleil & de la « Lune. On prendra avec les deux tiers du changement « que souffre le premier de ces diamètres, le double & « un tiers de la différence à laquelle est sujet le second, & « on prendra de plus le quart de la différence de la décli- «

» naïson de la Lune. On regardera ces trois quantités
 » comme des nombres absolus ; c'est-à-dire, qu'on ne con-
 » sidérera pas que l'une est produite par des minutes , &
 » les autres par des secondes. On les ajoûtera ensuite en-
 » semble , si les trois changemens contribuent à agir dans
 » le même sens , & on soustraira au contraire celle de ces
 » quantités qui aura un effet opposé aux autres. On trou-
 » vera de cette sorte l'Exposant non pas de la hauteur de
 » la Marée , mais de la différence entre ses hauteurs ; &
 » ce sera le troisième terme d'une règle de Trois à laquelle
 » on donnera toujours pour premier terme le nombre
 » 5700 , & pour second la hauteur de la Marée qu'on au-
 » ra observée.

17. » La seule chose qui puisse embarrasser dans l'ap-
 » plication de la Méthode précédente , c'est qu'il est quel-
 » quefois très-difficile dans plusieurs Ports , de mesurer la
 » hauteur du flux & reflux de la Mer. Les hauteurs dont il
 » s'agit ici , sont les quantités dont la surface de la Mer
 » est plus haute lorsque la Mer est pleine , que lorsqu'elle
 » est basse : Mais si la Mer en se retirant laisse la plage dé-
 » couverte , si le Port *asseiche* , on n'a plus le terme infé-
 » rieur au-dessus duquel on doit commencer à compter
 » les hauteurs. Nous ne voyons point de parti plus simple
 » à prendre dans ce cas que d'observer deux grandes Ma-
 » rées éloignées l'une de l'autre d'un certain nombre de
 » Lunaisons , ou de demies-Lunaisons. On n'observera
 » que les pleines Mers , puisque dans les basses Mers les
 » eaux se retirent trop loin. On cherchera ensuite l'Expo-
 » sant du changement de hauteur qu'on comparera à la
 » différence qu'on aura observée , & tous les autres Expo-
 » sans trouvés de la même manière , donneront par le se-
 » cours d'une règle de Trois la quantité dont la Mer mon-
 » tera plus ou moins dans toutes les autres nouvelles ou
 » pleines Lunes. Si , par exemple , on a observé deux
 » grandes Marées ; que l'une ait été plus haute que l'autre
 » d'un pied 6 pouces , & que l'Exposant de cette diffé-

rence soit de 502, on fera cette analogie ; 502 est à 1 pied « 6 pouces, comme tout autre Exposant fera à la diffé- « rence de hauteurs pour les autres syzygies. On pourra « choisir après cela les jours plus propres pour sortir du Port « ou pour y entrer. »

CHAPITRE II.

Des Moyens qu'on emploie en Mer pour observer la hauteur des Astres.

I.

18. **N**OUS nous regarderons désormais comme en Mer, & nous insisterons d'abord sur les moyens d'observer la hauteur des Astres. Les Lecteurs sçavent déjà que cette hauteur se mesure en arc de Cercle depuis l'Horison jusqu'à l'Astre. Si HSZ (*Fig. 3.*) représente une partie du Ciel, que Z soit le Zénith, & que le point H appartienne à l'Horison, la hauteur de l'Astre S sera marquée par HS , & SZ en sera le complément. Ces deux quantités font toujours ensemble 90 degrez ; parce qu'il y a le quart du cercle ou de la circonférence du Ciel depuis l'Horison jusqu'au Zénith. Les Lecteurs sçavent aussi que la quantité dont l'Astre est éloigné de nous, ne contribue point à augmenter sa hauteur, dans le sens qu'on attache en Astronomie à ce mot. Que l'Astre soit plus loin sur le prolongement de la ligne droite CS , ou qu'il soit plus près de nous, l'arc HS deviendra plus grand ou plus petit ; mais il ne contiendra toujours que le même nombre de degrez.

Fig. 3.

19. On ne peut pas dans un Vaisseau, à cause de l'agitation continuelle de la Mer, employer de fil à plomb, ni d'instrument de l'espèce de celui de la *Figure 3*, pour

observer la hauteur des Astres. Il est plus aisé au Pilote de se régler sur la ligne de niveau que fournit la séparation apparente de la Mer ou du Ciel, lorsqu'aucun obstacle ne borne sa vûe. Cette ligne conduite depuis l'œil de l'Observateur jusqu'à l'extrémité apparente de la Mer, n'est pas parfaitement horisontale; elle panche un peu du côté de la Mer à cause de l'élévation du Vaisseau; mais cette inclinaison n'est pas grande, & d'ailleurs on peut en sçavoir l'exacte quantité.

II.

Description de l'Arbalestrille.

20. Les Pilotes se sont servi pendant très-long-tems & ils se servent encore actuellement de l'*Arbalestrille*, qui est un instrument composé de deux pièces principales, qui forment une espèce de croix. L'une de ces pièces, qui est ordinairement d'ébène ou de quelqu'autre bois dur, se nomme la *Flèche*. C'est un bâton quarré qui a deux pieds & demi ou trois pieds de longueur, lequel passe perpendiculairement au travers de l'autre pièce qu'on nomme le *Marteau*, qui est percée d'un trou quarré. La *Flèche* doit glisser librement dans ce trou, mais ne doit pas y jouer; & il faut que les deux pièces fassent toujours des angles exactement droits, ce qui oblige de rendre le marteau beaucoup plus épais vers le milieu.

21. La *Flèche* est graduée sur chacune de ses quatre faces; on voit sur chacune deux rangées de chiffres, l'une vient en augmentant vers le bout de la *Flèche*, qui est plat, & qu'on nomme le *Bout de l'œil*, par la raison qu'on verra dans un instant. Cette rangée ou colonne de chiffres finit à 90 degrez, qui est la plus grande hauteur, & l'autre colonne marque le complément ou les distances de l'Astre au Zénith. Celle-ci commence par zéro qui est marqué vis-à-vis de 90 degrez de hauteur; on trouve 10 degrez de complément vis-à-vis de 80 degrez de hauteur;

20 degrez de complément vis-à-vis de 70, &c. La marche des deux rangées de chiffres se fait en sens contraire; il faut bien que cela soit ainsi, puisque l'Astre ne peut pas monter ou s'éloigner de l'Horison sans approcher du Zénith.

22. Chaque face de la Flèche ayant sa graduation particulière, elle a aussi son marteau. On reconnoît le marteau qui appartient à chaque face, en voyant si la moitié de sa longueur est égale à la distance qu'il y a sur la Flèche depuis le bout de l'œil jusqu'à 90 degrez de hauteur ou zéro de complément. On doit toujours dans les observations préférer les plus grands marteaux; mais lorsque l'Astre est fort bas, il faut nécessairement avoir recours aux plus petits, comme les Lecteurs vont s'en convaincre.

*Manière de prendre Hauteur par devant
avec l'Arbalestrille.*

23. Après avoir choisi la face, & fait passer la Flèche dans le marteau, dont le plat doit être tourné vers le bout de l'œil, on applique l'œil à ce même bout, on se tourne vers l'Astre, & on éloigne ou on rapproche le marteau jusqu'à ce qu'on voye en même tems par son extrémité d'en-bas, l'Horison ou la séparation apparente de la Mer & du Ciel, & l'Astre par l'extrémité d'en-haut. Si c'est le Soleil qu'on observe, on tempère la vivacité de ses rayons, en se servant d'un verre coloré ou enfumé qu'on met devant l'œil. La hauteur de l'Astre se trouvera ensuite marquée sur la graduation de la Flèche, dans l'endroit où sera arrêté le marteau.

24. La Figure 56 représente l'Arbalestrille entièrement disposée pour l'observation. La hauteur de l'Astre S est représentée par la grandeur de l'angle SAH : car la ligne AH marque ici le rayon visuel qui étant prolongé vers H , iroit se rendre à l'Horison. La hauteur est marquée en E sur une des deux rangées de chiffres, sur celle qui finit

Fig. 56.

Fig. 56.

en *F* par 90 degrez ; & on aura dans le même point *E* le complément de la hauteur ou la distance de l'Astre au Zénith, sur l'autre colonne ou celle qui commence par zéro. Si l'on jette les yeux sur la graduation d'une Flèche, on verra que les degrez y sont représentés par des espaces fort inégaux entr'eux ; mais malgré leurs inégalités, ils répondent exactement à des degrez égaux qui seroient marqués sur un arc de cercle qui auroit le point *A* pour centre, & qui seroit décrit entre les lignes *AS* & *AH*.

25. La méthode de prendre hauteur par devant, ou en se tournant vers l'Astre avec l'Arbalestrille, est si défectueuse qu'on ne doit jamais y avoir recours dans la pratique. L'observation pécheroit en excès sur la hauteur, & en défaut sur le complément : car la graduation de l'instrument suppose que la pointe de l'angle *SAH* se trouve exactement dans le point *A* ; & elle ne s'y trouve pas réellement, puisque l'œil est toujours un peu éloigné du bout de la Flèche. On est encore sujet à un autre inconvénient, & auquel il y a moins de remède, lorsqu'on se sert de l'Arbalestrille, en observant la hauteur par devant ; on est obligé de viser en même tems à l'Horison & à l'Astre, quoique notre vûe n'ait pas assez d'étendue pour comprendre du même coup d'œil deux objets qui forment un grand angle, & pour les voir d'une manière assez distincte.

Prendre Hauteur par derrière avec l'Arbalestrille.

26. On s'est donc trouvé dans la nécessité d'imaginer un autre moyen de se servir de l'Arbalestrille : on y a recours lorsque l'Astre qu'on observe, répand assez de lumière pour que les corps qui y sont exposés, jettent de l'ombre. Après avoir choisi la face de la Flèche, on met le marteau à l'extrémité, au bout de l'œil, en faisant en sorte que le plat de ce marteau *CD* & le bout *A* de la
Flèche

Flèche (*Figure 57.*) forment un plan exact. On passe après cela sur la Flèche le plus petit des quatre marteaux *E* en le faisant répondre à la même face que l'autre. Ce petit marteau qu'on nomme *Gabet*, est un peu différent des trois plus grands ; il a une traverse comme le représente la *Figure 58.* On tourne ensuite le dos à l'Astre ; on vise à l'Horison ou à la séparation apparente de la Mer & du Ciel par l'extrémité d'en-bas *D* du grand marteau, & par la traverse du petit *E* ; & on éloigne ou on approche ce petit marteau jusqu'à ce que sa traverse reçoive exactement l'ombre de l'extrémité supérieure *C* du grand marteau. Pourvu que ces deux choses concourent parfaitement, que la traverse du *Gabet* paroisse toucher l'Horison, & qu'elle reçoive l'ombre de l'extrémité supérieure *C* du grand marteau, on a la hauteur du Soleil dans l'endroit où est arrêté le petit marteau. Elle est marquée en *E* sur la rangée de chiffres qui vient en augmentant jusqu'à 90 degrez vers le bout de l'œil, & on a le complément de la hauteur ou la distance de l'Astre au Zénith dans le même point *E* sur l'autre rangée de chiffres qui se termine à zéro en *F*.

Figure 57.

27. Si la hauteur du Soleil augmente, il arrivera que lorsque le Pilote visera à l'Horison par la traverse du petit marteau ou du *Gabet*, l'ombre du grand marteau ne tombera plus sur la même traverse, mais un peu plus bas ; ainsi il faudra nécessairement tirer le *Gabet* à soi ; ce qui fera trouver un plus grand nombre de degrez pour la hauteur, & un moindre pour le complément.

28. On doit toujours être extrêmement attentif dans toutes les observations à ne panacher l'instrument ni vers la droite ni vers la gauche ; puisque la hauteur qu'on veut mesurer est l'élévation du Soleil prise en arc de cercle, mais perpendiculairement à l'Horison. On a une facilité de plus lorsqu'on observe *par derrière* ou de la manière qui est représentée dans la *Figure 57.* Pour peu qu'on inclinât le marteau dans l'un ou dans l'autre sens, la traverse

Figure. 57.

du Gabet ne paroîtroit plus toucher parfaitement l'Horizon, ou les limites apparentes les plus éloignées de la Mer.

29. On ne manque aussi jamais de mettre une pinnule ou visière au bas du marteau en *D*, afin de s'assurer qu'on ne place pas l'œil trop bas. Cette visière est formée par un morceau de métal dont les deux extrémités sont recourbées. Elles saisissent le bout du marteau; mais il reste une fente qui a la largeur d'une épingle.

Moyens de rendre l'usage de l'Arbalestrille beaucoup plus exact.

30. La visière dont nous venons de parler, est toujours mal placée lorsqu'on se conforme à l'usage ordinaire: car l'extrémité d'en-bas du marteau forme un des bords de la fente; & si cette fente a un tiers de ligne de hauteur, son milieu sera trop bas d'un sixième de ligne; ce qui peut produire une erreur très-sensible. Heureusement il est facile de corriger ce défaut: on fera simplement un petit trou dans un morceau de métal qu'on mettra en place comme on le fait ordinairement; & on fera une petite échancrure à l'extrémité du marteau vis-à-vis du petit trou. Mais il faudra faire quelque marque ou repaire qui indique la quantité précise dont il faudra enfoncer le petit morceau de métal. La Figure 59 représente l'extrémité d'en-bas du marteau, & la pinnule qui n'est pas encore placée.

31. L'Arbalestrille est encore sujette à un autre défaut très-considérable. Les rayons du Soleil qui terminent l'ombre de l'extrémité *C* du marteau (Fig. 57.) & qui viennent tomber en *E*, ne partent pas du centre de l'Astre. Car les rayons qui sortent de quelque point plus haut du Soleil, & qui razent le haut du marteau, viennent tomber plus bas sur la traverse du Gabet, & effacent l'extrémité de l'ombre. D'un autre côté ce ne sont pas tout-à-fait

les rayons qui partent du haut du bord du Soleil, qui terminent l'ombre; car ils ne répandent pas une lumière assez vive lorsqu'ils sont seuls, pour que l'Observateur puisse la distinguer. Il suit de-là que, lorsqu'on se sert de l'Arbalestrille, comme on le fait actuellement, on n'observe ni le centre du Soleil, ni son bord supérieur; & à proprement parler, on ne sçait de quel point on prend la hauteur, tant l'observation est grossière.

32. Il suffiroit, pour réparer tout le mal, de mettre une espèce de traverse au haut du marteau. Cette traverse s'étendrait un peu d'un côté & de l'autre; elle auroit 7 à 8 lignes de faillie, & 5 à 6 lignes dans l'autre sens, ou de haut en bas. Cette petite traverse seroit soudée à un morceau de cuivre qu'on feroit entrer sur le bout du marteau; & il y auroit quelque marque ou repaire pour servir de terme à l'enfoncement. La *Figure 60* représente le bout d'en haut du marteau, avec la pièce de cuivre qui n'est pas encore mise en place. L'ombre de la traverse seroit reçue sur la traverse du Gabet, qu'il faudroit rendre plus grande qu'à l'ordinaire, afin de pouvoir tracer dessus, comme on l'a fait dans la *Figure 58*, les deux petits espaces à droit & à gauche qui doivent recevoir l'ombre. Ces espaces seroient réglés sur la grandeur de l'ombre: mais on pourroit les rendre un peu plus grands, sans que cela tirât à conséquence, pourvu qu'on les augmentât autant par en-haut que par en-bas, & que pendant l'observation on fit tomber l'ombre au milieu.

33. L'Arbalestrille est très-facile à construire; elle coûte très-peu, & elle n'est pas embarrassante dans le transport. Si l'on adoptoit dans la Pratique les petites corrections que nous venons de proposer, cet instrument deviendrait d'un usage fort exact. On lui reproche quelquefois des défauts qui ne tirent pas à conséquence. Il ne faut pas que les marteaux se courbent; la pinnule que nous mettons en-bas du marteau, & la traverse que nous appliquons en-haut, doivent être placées avec préci-

Figure 57.

» sion , & se bien trouver dans le prolongement du plat
 » du marteau. Mais quant à la courbure de la Flèche , il
 » faudroit qu'elle allât fort loin pour rendre l'instrument
 » défectueux. Si la Flèche se courbe un peu vers le bas
 » par l'extrémité *B* (*Fig. 57.*) il semble qu'elle doit ren-
 » contrer un peu plus loin les rayons *SCE* de l'Astre ,
 » mais d'un autre côté elle rencontrera un peu plutôt la
 » ligne droite *DH* tirée de l'œil de l'Observateur à l'Ho-
 » rison ; ce qui corrige presque entièrement l'autre défaut.

*Méthode de se servir de l'Arbalestrille à terre
 pour avoir la hauteur du Soleil.*

Fig. 61.

34. » Lorsqu'on veut observer à terre la hauteur du So-
 » leil en se servant de l'Arbalestrille , & qu'on n'a pas la
 » liberté de voir l'Horison du côté opposé , on peut em-
 » ployer le moyen suivant. On disposera un des grands
 » marteaux & le Gabet , comme si on vouloit prendre
 » hauteur par derrière ; on suspendra ensuite l'instrument
 » par le bout de l'œil , comme le représente la *Figure 61* ;
 » & on fera monter ou descendre le Gabet jusqu'à ce que
 » sa traverse reçoive exactement l'ombre de la petite tra-
 » verse appliquée à l'extrémité *C* du grand marteau. Com-
 » me la pesanteur des traverses peut empêcher la Flèche
 » de se mettre exactement à plomb , on peut mettre un
 » petit contrepoids vers *D* , & on vérifiera avant l'obser-
 » vation , la situation de la Flèche , en mettant à côté un
 » fil chargé d'un plomb. Enfin le Gabet étant bien placé ,
 » on aura en *E* sur la colonne des 90 degrez , non pas
 » la hauteur , mais le double de la distance de l'Astre
 » au Zénith. Si l'on trouve en *E* , par exemple , 54 de-
 » grez 30 min. ce sera une marque que l'angle *CED*
 » est de ce nombre de degrez. La moitié 27 deg. 15 min.
 » fera l'angle *SEZ* , distance du Soleil au Zénith ; &
 » prenant le reste à 90 degrez , on aura 62 deg. 45 min.
 » pour la hauteur.

Méthode de graduer la Flèche.

35. Nous pouvons imaginer très-aisément la méthode « de graduer la Flèche, en considérant la manière dont « on se sert de cet instrument lorsqu'on observe par derrié- « re. L'angle CED (Fig. 57.) exprime la hauteur du So- « leil, & cet angle est partagé par la moitié par la Flé- « che : c'est-à-dire, que l'angle AEC est égal à la moi- « tié de la hauteur. Mais dans le triangle CAE qui est « rectangle en A , l'angle en C est le complément de l'an- « gle E : ainsi l'angle en C est le complément de la moi- « tié de la hauteur ; & il suit de-là, que si on nous pro- « pose de trouver le point E où nous devons marquer un « certain nombre de degrez de hauteur, nous n'avons qu'à « prendre la moitié de ce nombre, prendre le complé- « ment de cette moitié, & faisant ensuite l'angle ACE « égal à ce complément, la ligne CE viendra rencon- « trer la Flèche dans le point requis E . »

Fig. 57.

36. S'il s'agit, par exemple, de trouver le point E où « on doit marquer 25 degrez de hauteur, je dis : La moitié « de 25 deg. est $12^{\text{d.}} 30^{\text{m.}}$ pour la valeur de l'angle AEC . « Mais si on veut que l'angle AEC soit effectivement de « $12^{\text{d.}} 30^{\text{m.}}$ il faut que l'angle ACE soit de $77^{\text{d.}} 30^{\text{m.}}$ Je « fais donc l'angle ACE de ce dernier nombre de degrez, « & la ligne CE viendra me marquer le point E de $25^{\text{d.}}$ »

37. Cette opération se peut faire aisément en tirant « sur une table une ligne droite AC , assez longue pour « représenter la Flèche (Fig. 62.). On élève une perpen- « diculaire AC à l'extrémité A , qui représente le bout de « l'œil, & on fait cette perpendiculaire égale à la moi- « tié du marteau : on décrit ensuite du point C comme « centre, un quart de cercle AG qu'on divise en degrez, « en commençant au point A . S'il s'agit après cela de « marquer sur la Flèche le point E , par exemple, de $40^{\text{d.}}$ « deg., on tire une ligne droite CE par le point F de $70^{\text{d.}}$ »

Fig. 62.

Figure 62.

» du quart de cercle ; parce que 70 degrez est le complé-
 » ment de 20 degrez moitié de 40. Si on veut de même
 » trouver le point *H* où tombe 80 degrez de hauteur , il
 » faut que l'angle *CHA* soit de 40 degrez , & ce dernier
 » ne peut se trouver de ce nombre de degrez , que lorf-
 » que l'angle *ACH* est de 50. Ainsi en tirant la ligne *CH*
 » par 50 degrez du quart de cercle , on aura le point *H*
 » de 80 degrez. L'opération fera beaucoup plus exacte si
 » l'on rend le quart de cercle plus grand , si on le fait , par
 » exemple , de la grandeur représentée par *MN*, en lui
 » donnant toujours le même point *C* pour centre. La ligne
 » *AB* étant divisée en degrez , il n'y aura plus ensuite qu'à
 » transporter tous ses intervalles sur la Flèche même.

Méthode plus exacte de graduer la Flèche.

38. » On graduera la Flèche encore plus exactement
 » avec le secours des Tables des Tangentes , après avoir
 » fait une échelle de même longueur que la moitié du
 » marteau , qu'on pourra se contenter de diviser en 1000
 » parties égales. Lorsqu'on prend la moitié *AC* du mar-
 » teau pour rayon ou Sinus total , les distances comme
 » *AE* du bout de l'œil *A* à chaque point comme *E* de la
 » graduation de la Flèche , sont les Tangentes de com-
 » plément de la moitié des hauteurs. Ainsi si on parta-
 » geoit la moitié *AC* du marteau en cent mille parties éga-
 » les , il n'y auroit aucune réduction à faire aux Tangen-
 » tes des Tables : il suffiroit de prendre la moitié de cha-
 » que nombre de degrez de hauteur , de prendre le complé-
 » ment de cette moitié ; & cherchant dans les Tables
 » la Tangente de ce complément , on auroit le nombre
 » de parties égales qu'il faudroit porter depuis le bout de
 » l'œil jusqu'à chaque point *E* de la graduation.

39. » Il suffit dans la Pratique , de diviser la moitié du
 » marteau en 1000 parties égales ; mais pour opérer avec
 » plus de précision , on fera une échelle de dixmes , sembla-

ble à celle qui est au bas de notre troisième Planche: il en «
 faudra même quatre, à cause de la différente grandeur «
 des quatre marteaux. L'échelle de 1000 parties étant faite, «
 si on veut marquer le point de 40 degrez, je cherche la «
 Tangente de 70; parce que ce nombre est le complé- «
 ment de 20 qui est la moitié de 40. Je trouve dans la «
 Table qui est à la fin du premier Livre, 274748 pour «
 la Tangente de 70 degrez; mais il faut en retrancher «
 deux figures du côté droit, parce que nous n'avons di- «
 visé la moitié du marteau qu'en 1000 parties. Il vient «
 donc 2747 parties presque & demie; je dis presque & «
 demie, parce que les deux chiffres retranchés ne diffé- «
 rent guère de 50. Si ces mêmes chiffres étoient 25 «
 ou 75, ils marqueroient un quart ou trois quarts à pro- «
 portion de 100. Il faut selon cela porter deux fois le long «
 de la Flèche, à commencer du bout de l'œil, la lon- «
 gueur de la moitié du marteau; ce qui fera 2000 parties, «
 & en mettant de plus 747 parties, on aura le point où «
 il faut marquer 40 degrez. »

40. Si on veut trouver le point de 45 degrez: la moi- «
 tié de ce nombre est $22^{\text{d}}. 30^{\text{m}}$. dont le complément est «
 $67^{\text{d}}. 30^{\text{m}}$. Je cherche la Tangente de ce dernier nom- «
 bre; & retranchant deux figures à droite, il me vient «
 2414. Ainsi il faut porter sur la Flèche le double de la «
 longueur de l'échelle pour avoir 2000, & mettre de «
 plus 414 parties; ce qui donnera le point requis de 45 «
 degrez. »

III.

*De la Construction & de l'Usage
 du Quartier Anglois.*

41. On se sert beaucoup plus d'un autre instrument qui
 n'est propre qu'à prendre hauteur par derrière, & qu'on
 nomme Quartier Anglois. Cet instrument n'est autre chose
 qu'un quart de cercle, mais formé de deux arcs de rayons

Figure 63.

différens, afin de rendre l'instrument moins embarrassant & plus solide. Un de ces arcs est d'environ 60 degrez, & l'autre dont le rayon est le plus grand, contient le reste à 90. La *Figure 63* représente cet instrument : la forme qu'on lui donne pour rendre son assemblage plus fort, n'empêche pas que les deux arcs *FG* & *ED* n'aient également leur centre en *C* : le premier de ces arcs qui n'a que 8 à 9 pouces de rayon, n'est ordinairement divisé que de degré en degré. L'arc *ED* dans lequel les degrez sont plus grands, parce qu'il est d'un rayon de 18 à 20 pouces, est souvent divisé de 10 minutes en 10 minutes ; & il y a des lignes obliques ou transversales, qui rendent chaque minute sensible.

42. L'usage de cet instrument est très-facile. On met d'abord sur un nombre de degré exact, comme en *B*, une espèce de pinnule ou de petit marteau, qu'on peut faire glisser le long de l'arc *FG*. On tourne le dos vers le Soleil ; on fait tomber l'ombre du marteau *B* sur le marteau *C*, qui est au centre, & ensuite on applique l'œil à la pinnule *A*, & on la fait monter ou descendre sur l'arc *ED*, jusqu'à ce qu'on voye exactement l'Horison par cette pinnule & par une fente ou ouverture qui est vers le milieu du marteau *C*.

43. Si au lieu de voir l'Horison, on ne voyoit que la Mer, ce seroit une marque que le rayon visuel *AC* seroit trop plongeant, & il faudroit baisser la pinnule *A*. Si au contraire on ne voyoit que le Ciel par la pinnule *A*, & par la fente du marteau *C*, le rayon visuel *AC* étant pointé trop haut, il faudroit nécessairement faire glisser la pinnule *A* en montant vers *E*. Mais si les deux conditions sont parfaitement remplies ; si l'ombre de la pinnule *B* tombe avec précision sur le centre de l'instrument, & si on voit en même tems l'Horison par la pinnule *A* & par le centre *C*, on aura la hauteur du Soleil mesurée en deux parties, & en-dedans des deux marteaux *A* & *B*. On verra combien il y a de degrez depuis *F* jusqu'en *B*, & combien

combien il y en a depuis *E* jusqu'en *A* : la somme des deux nombres donnera la hauteur. S'il y a, par exemple, 35 degrez depuis *F* jusqu'en *B*, & 15 deg. 12 min. depuis *E* jusqu'en *A*, la hauteur sera de 50 deg. 12 min. & on en aura le complément en voyant les deux nombres qui sont en-dehors des mêmes marteaux, depuis *B* jusqu'en *G*, & depuis *A* jusqu'en *D*.

44. Il est bien clair que cet instrument doit produire à peu près le même effet, que si l'arc *DE* étoit prolongé vers le haut, & s'il mesuroit seul l'angle *SCA*, que forme le rayon du Soleil avec la ligne de niveau *AH*. Cependant l'observation seroit plus exacte dans ce second cas ; car la hauteur entière seroit mesurée avec une égale exactitude ; au lieu que s'il y en a une portion *AE* qui est mesurée avec précision, l'autre portion *FB* doit se ressentir de la petitesse des degrez de l'arc *FG*. Je suis très-persuadé qu'il y auroit à gagner du côté de l'exactitude, si l'on donnoit à l'instrument une grandeur moyenne entre celle des deux arcs.

45. Le marteau *B* est ordinairement muni d'un petit verre ardent qui réunissant les rayons du Soleil dans un point, rend plus sensible sur le marteau *C* du centre la lumière de cet Astre, lorsque le Ciel couvert de nuages est moins propre à l'observation. Mais il faut bien prendre garde à la situation du petit verre ardent ; car il peut détourner le rayon du Soleil & jetter le Pilote dans une erreur très - considérable, comme je l'ai remarqué en examinant quelques-uns de ces instrumens. Je voudrois pour qu'il n'y eût rien à craindre, que ce petit verre ardent ne fût jamais placé sur le bord du marteau, mais qu'il fût toujours engagé dans le milieu, comme le représente la Figure 64. Je diminuerois en même tems, le plus qu'il seroit possible, la grandeur du marteau, afin de pouvoir plus aisément marquer la place de son ombre sur le marteau *C* du centre. Lorsque le Soleil seroit parfaitement découvert, on verroit si le petit point lumineux tombe exacte-

ment au milieu de l'ombre, ou au milieu de l'espace qui lui seroit assigné sur le marteau du centre. On pourroit, en répétant cette expérience presque journellement, se servir avec plus de sûreté du petit point lumineux dans les observations faites de mauvais tems, & lorsque l'ombre ne seroit pas sensible.

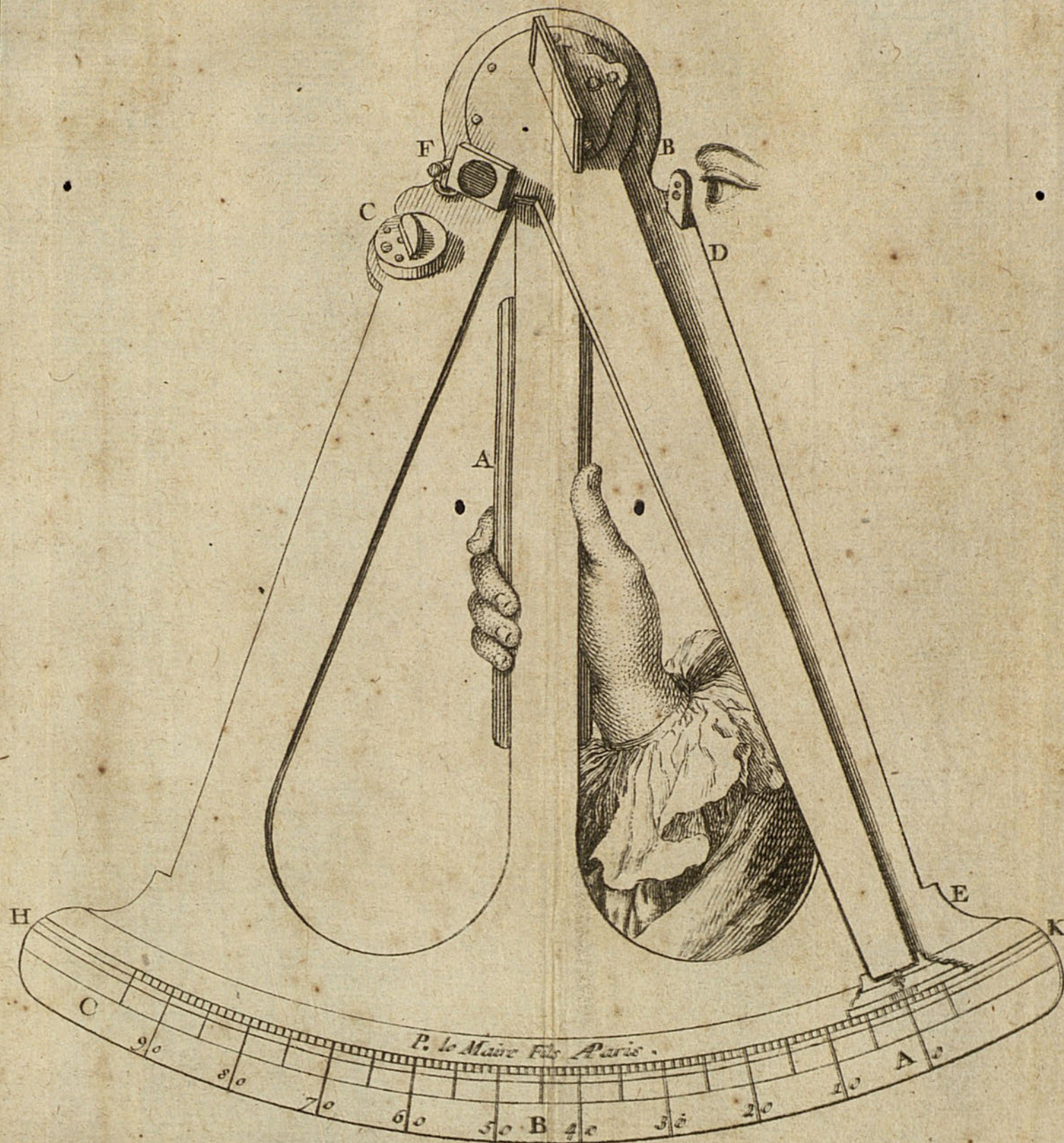
I V.

*De la Construction & de l'Usage de
l'Octans Anglois.*

46. On a imaginé en Angleterre un nouvel Instrument incomparablement plus parfait que ceux dont nous venons de parler. Feu M. Hadley le proposa à la Société Royale de Londres en 1731; l'usage s'en est déjà introduit en France, & il seroit à propos qu'il fût encore plus commun: car cet Instrument peut donner les hauteurs des Astres à moins d'une minute d'erreur, comme je m'en suis assuré plusieurs fois. C'est une simple portion de cercle de 45 degrez: on le nomme *Octans*, parce qu'il est la huitième partie de la circonférence, mais il est divisé en 90 parties, & il est équivalent à un quart de cercle, à cause de la propriété commune aux miroirs qu'on fait entrer dans sa construction.

47. Tout le monde sçait au moins d'une manière confuse, qu'un rayon de lumière qui tombe obliquement sur un miroir parfaitement plan, rejaillit du côté opposé, & fait, avec la surface du miroir en s'éloignant, un angle exactement égal à celui qu'il faisoit en frappant le miroir. Si *AB* (Fig. 65.) est une plaque de métal parfaitement unie, ou si c'est une glace étamée, & qu'un rayon de lumière *SC* la frappe en faisant un angle *SCA*, qui soit, par exemple, de 20 deg. 1 min. ce même rayon rejaillira ou se réfléchira selon *CL*, & l'angle *BC L* fera aussi précisément de 20 deg. 1 min. La direction *CL* que suit le rayon de lumière dans sa réflexion, sera toujours située exacte-

Fig. 65.



ment par rapport au miroir & par rapport à la perpendiculaire CE , de la même manière qu'est situé le rayon incident qui frappe le miroir selon SC . Tout ce qu'il y a de différence, c'est que ces deux directions SC & CL sont situées des deux côtés opposés de la perpendiculaire CE . Le rayon SC se réfléchit selon CL , & un rayon qui viendrait frapper le miroir selon LC , se réfléchirait selon CS . Ainsi la lumière, quoique sujette à un détour, trace exactement le même chemin, soit qu'elle aille dans un sens, ou qu'elle aille dans le sens contraire.

48. Il suit de tout ce que nous venons de dire, que si l'on change le miroir de situation, pendant que le corps lumineux S reste dans le même endroit, le rayon CL qui est renvoyé par le miroir, recevra dans sa direction un changement double du changement de situation du miroir. Si on abaisse l'extrémité A en élevant l'extrémité B , & que la perpendiculaire CE au miroir fasse avec SC un angle $SC E$ plus petit d'un degré, le rayon de réflexion CL changera aussi de situation : il fera avec CE un angle ECL plus petit d'un degré, & par conséquent l'angle total $SC L$ aura diminué de deux degrez. Ce sera la même chose si on fait tourner le miroir dans un autre sens, si on abaisse l'extrémité B , & qu'on élève l'extrémité A : la perpendiculaire CE s'écartera du rayon incident SC ; mais comme CL doit aussi s'écarter de CE , parce que les deux angles de part & d'autre de la perpendiculaire doivent toujours être parfaitement égaux, il s'ensuivra que l'angle $SC L$ formé par le rayon qui se réfléchit, & par celui qui frappe le miroir, se trouvera plus grand, & que l'augmentation qu'il recevra, sera de 10 ou 12 degrez, si le miroir a simplement été incliné de 5 ou 6 degrez vers B .

49. Cela supposé, nous pouvons faire concevoir fort aisément la construction & l'usage du nouvel Octans Anglois. La Figure 66 représente cet Instrument qui a 18 ou 20 pouces de rayon. Il y a sur le côté CB de cet Instrument une pinnule O à laquelle on applique l'œil. Un petit

Fig. 65.

Fig. 66.

Fig. 66.

miroir de glace IF est posé sur le côté opposé CA , & situé perpendiculairement au plan de l'Instrument. Cette petite glace n'est étamée que dans la partie la plus voisine du côté CA , & l'autre moitié est sans étain; ce qui donne la facilité, lorsqu'on applique l'œil en O , de voir l'Horison au travers de cette partie de la glace, en visant selon OH . Le Pilote peut, outre cela, voir en même tems l'Horison sur la partie étamée, ou sur le miroir, parce qu'il y a une allidade ou règle mobile CD , qui tourne autour du centre C , & qui porte un autre miroir LG , qui doit être de métal, & qui est parallèle au miroir IF , lorsque la règle mobile est située sur le premier point de la graduation, comme elle l'est dans la Fig. 66. Pendant que l'Instrument est ainsi disposé, l'Horison qui se peint sur le miroir LG , se peint une seconde fois sur le miroir IF , le premier miroir renvoyant l'image au second; & de cette sorte le Pilote voit comme deux Horisons, exactement à côté l'un de l'autre, & ne formant qu'une seule ligne. Il voit directement l'un selon OH par la partie de la glace IF qui est transparente, & il voit l'autre sur la partie étamée; les rayons de lumière ayant fait le chemin $KMNO$ pour parvenir à son œil. Malgré le double détour des rayons selon $KMNO$, l'œil est frappé précisément de la même manière que si ces rayons ne venoient que du point N , & on doit donc rapporter la seconde image à ce même point.

50. Si l'allidade ou la règle mobile CD se trouve effectivement sur le premier point D des divisions de l'Instrument, lorsque le Pilote voit les deux Horisons convenir, c'est une marque que les deux miroirs, le petit IF & le plus grand LG sont bien disposés. Ces deux miroirs sont alors exactement parallèles; car les deux lignes KM & HO vont se rencontrer si loin, qu'on peut les confondre ou négliger la petite quantité dont l'une est au-dessus de l'autre proche de l'Instrument, & elles sont également inclinées par rapport aux deux miroirs. La grande perfe-

ction de l'Instrument est cause qu'on s'apperçoit de la moindre irrégularité dans leur situation. Souvent lorsqu'on visera à l'Horison par la ligne OH , & qu'on changera la situation de la règle mobile jusqu'à ce que l'image de l'Horison qu'on voit dans le petit miroir IF , réponde à l'Horison vû directement par OH , la règle mobile ne se trouvera pas en D sur le point *Zéro* des divisions, & alors il faudra corriger l'erreur, ou bien il faudra en tenir compte.

Fig. 66.

§ 1. Il suffit de toucher aux supports des miroirs pour les redresser; mais on pourra, si on veut, les laisser dans l'état où ils se trouvent, en se contentant de voir quel est l'effet que leur mauvaise situation doit produire sur l'observation de la hauteur. Si la règle mobile marque 2 ou 3 minutes, lorsqu'elle devoit marquer zéro, il n'y aura qu'à se ressouvenir que l'Instrument *donne trop*, & il suffira ensuite d'ôter 2 ou 3 minutes de toutes les hauteurs qu'il fournira. Si au contraire la règle mobile se trouve en dehors des divisions, si elle marque 2 ou 3 minutes en sens contraire vers B , lorsque l'Horison vû directement selon OH , & l'Horison vû par une double réflexion, conviennent parfaitement, & lorsque l'allidade devoit donc marquer zéro, il faudra se ressouvenir que l'Instrument *donne trop peu*, & dans ce cas il faudra ajouter 2 ou 3 minutes à toutes les hauteurs qu'on observera, pendant que l'Instrument sera dans ce même état. On doit remarquer que chaque fois qu'on observe, il faut avoir recours à cet examen préparatoire, ou à cette *vérification*, qui est absolument nécessaire; mais qu'on peut également faire après ou avant l'observation.

Observer la Hauteur par devant avec l'Océans Anglois.

§ 2. Si nous continuons à viser à l'Horison par la ligne OH , & que tenant l'Instrument toujours droit, nous

Fig. 66.

faissions glisser l'extrémité inférieure D de l'allidade d'une certaine quantité vers A ; la perpendiculaire ME au miroir de métal LG qui est attaché fermement à l'allidade, s'élèvera par l'extrémité E de la même quantité. Le rayon NO ne changeant pas de situation, non plus que le petit miroir IF , la petite portion du rayon NM conservera aussi sa même direction. Mais si l'allidade a été avancée réellement vers A de 20 degrez, la ligne ME s'élèvera aussi de 20 degrez, l'angle NME deviendra plus grand du même nombre; & comme l'angle EMK augmentera de la même quantité, la ligne KM , au lieu d'être horizontale, comme elle l'étoit dans la première disposition de l'allidade, se trouvera élevée de 40 degrez vers K , ou du double du changement qu'on aura fait souffrir à l'allidade. Ainsi si un Astre se trouve dans le Ciel à 40 degrez de hauteur, il fera impression sur l'œil par la ligne $KMNO$, & on le verra sur le petit miroir IF précisément à côté de l'Horison qu'on voit par la ligne OH au travers de la partie transparente de la petite glace IF . L'Astre aura 40 degrez de hauteur, & cependant on n'aura fait avancer l'allidade ou la règle mobile que de 20 degrez vers A . Voilà pourquoi on donne une double valeur aux parties de l'arc AB , & qu'on le divise en 90 degrez, quoiqu'il n'en contienne réellement que 45.

Fig. 67.

53. La Figure 67 représente l'Instrument, lorsque le Pilote observe la hauteur de l'Astre S vers lequel il faut qu'il se tourne. Pendant que l'allidade étoit sur le premier point de la graduation, on ne voyoit que l'Horison au travers de la glace IF , & dans le petit miroir. On y voyoit par la ligne OH , & les deux miroirs IF & LG le faisant voir une seconde fois par la ligne $KMNO$, on le rapportoit au point O à côté de l'Horison vu en ligne droite. Mais à mesure qu'on a éloigné le bas de l'allidade du point B , la ligne MK est allée frapper différens endroits du Ciel, & elle les a fait comme descendre successivement, puisqu'ils ont paru chacun à leur tour en N dans le petit

miroir *IF*. Si on observe le Soleil, on voit d'abord la partie inférieure de cet Astre; on pousse l'allidade encore un peu plus loin, la ligne *MK* s'élève un peu davantage, & elle va rencontrer le centre de cet Astre: on voit ensuite ce point précisément de niveau avec l'Horison qu'on découvre par la ligne *OH*, & on a alors la hauteur du centre du Soleil, qui est marquée depuis *B* jusqu'en *D*, & le complément se trouve depuis *A* jusqu'en *D*.

§ 4. L'observation se fait d'autant plus aisément, qu'il suffit de faire concourir le centre de l'Astre avec l'Horison, sans qu'il importe qu'on voye ces deux objets par un point un peu plus haut ou un peu plus bas de la glace *IF*. Ce n'est pas la même chose lorsqu'on se sert de l'Arbalestrille, ou des autres instrumens de la même espèce. Car il ne suffit pas de faire concourir l'Horison avec le rayon du Soleil, ou avec l'ombre de quelque pinnule, il faut encore que le concours de ces deux choses se fasse dans un point précis de l'instrument; & c'est ce que le mouvement du vaisseau rend quelquefois très-difficile. Il est vrai que pendant que le Pilote travaille à se tenir debout, & qu'il prend différentes attitudes pour ne pas tomber, il fait aussi tout ce qu'il faut pour faire réussir son observation. Cet avantage est commun à l'Arbalestrille & à tous les autres instrumens qu'on tient assujettis contre l'œil, & qu'on ajuste, en visant à l'Horison que fournit la Mer. Mais l'observation est incomparablement moins pénible avec le nouvel Octans Anglois, puisqu'on est délivré absolument de la peine de faire convenir les deux rayons dans un point déterminé, pourvu qu'ils conviennent ensemble. Enfin l'observation, si elle est faite avec soin, fera de la plus grande exactitude. On choisit le point du Soleil dont on veut avoir la hauteur. Si l'Astre monte encore, il paroît monter dans le petit miroir *IF*, en se détachant de l'Horison; mais il suffit de faire avancer l'allidade vers le côté *A*, l'Astre se remettra sur l'Horison, & la situation de l'allidade indiquera en *D* la hauteur dans

Fig. 67.

Fig. 67.

ce second instant. Nous ne répétons pas qu'il faudra appliquer à cette hauteur la petite correction dont nous avons parlé dans les Numéros 50 & 51.

55. On attache vers *P* quelques morceaux de verre coloré, qui étant renfermés dans un quadre tiennent à l'instrument par un petit bras qui a un jeu de charniere. Si l'on veut observer le Soleil, & que l'éclat de cet Astre soit trop grand, on fait tomber ces verres colorés sur le chemin *MN*, que suivent les rayons, en allant d'un miroir à l'autre.

Prendre Hauteur par derrière avec l'Océans Anglois.

Figure 68.

56. Il n'a été question jusqu'à présent que de la manière de prendre hauteur par devant; mais si l'Horison étoit couvert au-dessous de l'Astre, ou s'il étoit embarrassé par une terre dont on fût à très-peu de distance, il faudroit prendre hauteur *par derrière*, en tournant le dos à l'Astre; & l'instrument pourra encore servir, s'il est du nombre de ceux qui sont les plus composés. Il y a alors une pinnule *V*, (Fig. 68.) attachée au côté *CA*, & on y applique l'œil lorsqu'on veut prendre hauteur par derrière. Un petit morceau de glace, dont il n'y a qu'une moitié qui doit être étamée, comme dans le morceau de glace *IF* de la Figure 67, est placé en *RQ*, non pas dans une situation parallèle, mais dans une situation perpendiculaire à celle que prend le miroir de métal *LG*, lorsque l'allidade *CD* répond au premier point de la graduation. On vise à l'Horison par la ligne *VH*, au travers de la partie transparente du miroir de glace *RQ*, & on tire l'allidade *CD* à soi, jusqu'à ce que l'Astre dont les rayons de lumière suivent le chemin *SMTV* se peigne sur le miroir *RQ*, & réponde exactement en *T*, à côté de l'Horison. On aura ensuite la hauteur depuis *B* jusqu'en *D*, comme dans l'autre manière d'observer, & le complément depuis *D* jusqu'en *A*.

§ 7. La *vérification* de l'instrument se fait aussi à peu près comme dans l'autre observation ; mais elle est un peu plus difficile. Lorsqu'on approche l'allidade *D* du premier point *B* des divisions, la ligne *MK* va rencontrer des points du Ciel moins élevés : elle descend par son extrémité *K* ; & lorsque l'allidade est arrivée en *B*, il faut que cette ligne *MK* soit devenue parfaitement horizontale, & qu'elle aille se terminer exactement à l'Horison derrière l'Observateur, en passant par-dessus sa tête. Ainsi on voit alors les deux points opposés de l'Horison réunis en même tems en *T*, supposé que l'instrument ne soit sujet à aucune erreur : on voit l'Horison par la ligne droite *VTH*, & le côté opposé par la ligne *VTMK*, qui se détourne en *M* & en *T* à la rencontre des deux miroirs. Cette seconde image est renversée, c'est-à-dire, que la Mer paroît en haut, & le Ciel en bas ; & c'est la même chose lorsqu'on observe l'Astre, son bord supérieur en apparence est réellement le bord inférieur. Ce renversement des objets est produit par la situation qu'ont les deux miroirs l'un par rapport à l'autre. Pour revenir à l'opération de la vérification, nous ferons remarquer que si les deux points de l'Horison qu'on découvre, étoient exactement à l'opposite l'un de l'autre & sur la même ligne droite qui passe par l'œil de l'Observateur, il faudroit, lorsqu'on les voit dans le même point *T*, que l'allidade marquât exactement *zéro* sur la graduation. Mais les deux lignes tirées de l'observateur aux deux points opposés de l'Horison, ne forment pas ensemble une seule ligne droite, & elles sont chacune inclinées de la même quantité, comme nous aurons occasion de le faire voir d'une manière plus particulière dans un moment. Lorsqu'on voit donc les deux Horisons réunis dans un même point *T*, il ne faut pas, pour que l'Octans soit bien disposé, que l'allidade marque *zéro* sur les divisions, mais qu'elle se trouve reculée vers *B* du double de l'inclinaison de l'Horison.

§ 8. Supposé qu'on soit élevé de 15 pieds quelques

KK

Fig. 68.

Fig. 68.

pouces au-dessus du niveau de la Mer, l'Horison sera incliné de 4 minutes; ainsi pour que les miroirs soient bien situés, il faudra que l'allidade marque 8 min. vers *B*, ou au-dessous de zéro. Si elle ne marquoit pas tout-à-fait cette quantité, ce seroit une preuve que l'instrument augmente un peu les hauteurs, ou qu'il *donne trop*. Il donneroit trop, par exemple, de 3 minutes, si pendant la vérification, l'allidade ne marquoit que 5 minutes au-dessous de zéro, au lieu de marquer 8. Si au contraire l'allidade se trouve arrêtée sur 9 ou 10 min. l'instrument diminue trop les hauteurs, & il donne *trop peu* de 1 ou de 2 min. C'est effectivement diminuer trop les hauteurs, que de faire paroître un objet encore plus bas qu'il ne l'est réellement. L'erreur une fois trouvée est la même dans toutes les autres observations, quoique l'objet soit plus ou moins haut, pourvu que l'instrument ne change point d'état, ou qu'on n'y touche qu'avec précaution.

59. Il ne sera peut-être pas inutile d'expliquer ici pourquoi les petits miroirs *IF* & *QR* (Fig. 67 & 68.) peuvent être faits de glacé, au lieu que le grand miroir *LG* doit être de métal. Les petits miroirs sont sujets à donner une double image à cause de leurs doubles surfaces, celle de dessus & l'autre qui est étamée; mais il n'en résulte aucun inconvénient sensible, parce que ces petits miroirs ont toujours exactement la même situation par rapport aux rayons de lumière dans toutes les observations. Quant au miroir *LG*, il faut qu'il soit plus grand, & qu'outre cela il soit de métal. Ce miroir doit être plus grand, parce que le point *M*, où se fait la réflexion, change de place, lorsqu'on donne une situation différente à l'allidade, à moins qu'on ne mette ce miroir plus haut & tout-à-fait au centre *C*. De plus, ce même miroir doit être de métal, parce qu'il est rencontré par les rayons sous différentes obliquités, & que s'il étoit de glace, les deux images se troubleroient, & se troubleroient tantôt plus & tantôt moins. Je n'ai pas remarqué que quoique de métal, il se

gâtât aisément à l'air ; l'alliage dont il est formé le garantit des altérations que quelques personnes nous faisoient craindre mal-à-propos. La perfection de l'instrument dépend presque entièrement de ce miroir, qui doit être parfaitement plan. Il faut aussi que l'allidade ne souffre absolument aucun jeu en tournant sur le centre *C*. On joint assez souvent des lunettes à ces Octans, on les met à la place des pinnules, & on peut en retirer une assez grande utilité. Cependant elles ne servent guère qu'à corriger les défauts particuliers de la vûe de l'Observateur ; ce qu'on peut faire presque aussi facilement, en mettant un verre accommodé à la constitution de ses yeux au-devant de la pinnule *O*, ou de la pinnule *V*. Fig. 67. & 68.

De la Graduation des Instrumens selon la Méthode de Nonius.

60. Enfin il reste encore à dire un mot d'une espèce particulière de graduation, qui est employée souvent dans les instrumens Anglois. Les degrez au lieu d'être divisés par des lignes obliques ou transversales, comme dans les échelles de dixmes, sont divisés par une Méthode connue sous le nom de Nonius, à qui on l'attribue ordinairement ; elle est extrêmement ingénieuse, & elle peut avoir son application dans beaucoup d'autres cas.

61. L'extrémité inférieure de l'allidade a une espèce d'empatement *VX* (Fig. 69.) qui touche toujours exactement contre l'arc de l'instrument, lorsqu'on fait glisser l'allidade. Cet empatement a des divisions qui ne sont pas égales à celles de l'instrument, & leurs différences réciproques tiennent lieu de nouvelles subdivisions. Si, par exemple, le degré est divisé sur l'arc de l'instrument en cinq parties, ce qui les fera valoir chacune 12 minutes ; & que l'espace de 2 deg. 12 min. ou de 132 min. au lieu d'être divisé sur l'extrémité de l'allidade en onze parties égales, soit divisé en 12, chacune de ces dernières parties ne fera

Fig. 69.

Fig. 69.

que de 11 min. & si on fait donc répondre l'allidade précisément à zéro de la graduation, ou au commencement d'un certain degré, la première partie se terminera une minute moins loin que la première partie de l'instrument, puisqu'elle n'est que de 11 min. & que celle de l'instrument est de 12. La seconde partie de onze minutes de l'allidade se terminera deux minutes moins loin que la seconde division de l'arc de l'instrument; la troisième trois minutes, &c. Ce qui donnera le même avantage que si le degré étoit divisé de minute en minute.

62. En effet si l'allidade est disposée de façon que la fin de sa première partie s'accorde avec la fin de la première partie de l'arc qui est de 12 min. ce fera une marque que l'allidade, au lieu de répondre à zéro, ou au commencement précis d'une certaine division, répond à une minute de plus. Si c'est la fin de la seconde partie qui répond à la fin de la seconde, l'allidade répondra à 2 min. & on jugera de la même manière de la situation de l'allidade dans tous les autres cas.

V.

Que tous les Instrumens dont on se sert en Mer pour observer la Hauteur des Astres, sont insuffisans lorsque ces Astres sont trop près du Zénith.

63. Nous terminerons ce Chapitre par une remarque importante, en avertissant qu'il est inutile d'entreprendre en Mer d'observer la hauteur des Astres qui sont trop élevés. Quelques personnes ont regardé le défaut de ces sortes d'observations, comme s'il étoit propre à certains instrumens; mais il est commun à tous, & il vient de la nature même de la chose. Il faut prendre des précautions infinies lorsqu'on veut obtenir à terre la hauteur d'un Astre qui n'est éloigné du Zénith que de 3 ou 4 degrez; parce

que les moindres négligences ont alors des suites considérables. Mais une observation qui est très-difficile dans un observatoire stable, toutes les fois qu'on n'a pas pu se procurer d'avance les commodités nécessaires, doit être regardée comme absolument impraticable sur un vaisseau. S'il s'agit de la hauteur méridienne de l'Astre, il faudroit pouvoir diriger l'instrument exactement Nord & Sud, & on s'y trompera peut-être de plusieurs degrez. Outre cela on inclinera, sans s'en appercevoir, l'instrument vers la droite ou vers la gauche, au lieu de le tenir tout-à-fait verticalement; & quoique ces fautes fussent légères, considérées en soi ou par rapport aux hauteurs moins grandes, elles auront des effets extrêmement préjudiciables, lorsque l'Astre sera très-élevé; de sorte qu'il ne faudroit pas compter sur une semblable observation.

Figure 69.

CHAPITRE III.

Des Corrections qu'il faut appliquer à l'Observation de la Hauteur des Astres.

I.

Du Défaut auquel l'Horison dont se servent les Pilotes, est sujet.

64. **N**OUS avons fait mention, en parlant du nouvel Océan Anglois, de la manière de le vérifier; mais quand même il n'y auroit aucune erreur à craindre de ce côté-là, il faut toujours faire quelque autre espèce de correction, pour avoir exactement la hauteur de l'Astre. Il est d'abord évident que l'Horison dont se servent les Pilotes, ne fournit pas une ligne exactement de niveau. On est élevé, par exemple, dans un Navire de 10

ou 12 pieds au-dessus de la surface de la Mer : il faudroit donc , au lieu de viser à la séparation apparente de la Mer & du Ciel , regarder plus haut au moins de 10 ou 12 pieds , pour avoir une ligne exactement horisontale. Nous disons qu'il faudroit au moins regarder plus haut de la même quantité. C'est ce qu'il faudroit faire , si la Terre étoit parfaitement plate , & s'il falloit attribuer à la foiblesse de notre vûe le peu d'étendue de ce cercle , que nous nommons *Horison visuel* , que nous voyons autour de nous lorsque nous sommes en pleine Mer. Mais comme la surface de la Terre est courbe , & qu'elle descend , pour ainsi dire , tout autour de nous , l'Horison dont se servent les Marins est encore plus défectueux par cette raison , & si on est élevé de 10 ou 12 pieds dans le Navire , il faudroit regarder environ 20 ou 24 pieds au-dessus de l'extrémité apparente de la Mer , pour avoir une ligne exactement de niveau.

Fig. 70. 65. Supposé qu'on fût placé en *A* , (Fig. 70.) sur le sommet d'une montagne qui fût haute d'environ trois quarts de lieue , comme l'est à peu près le pic de Ténérife , l'inclinaison du rayon visuel *AH* seroit de 1 degré 55 minutes ; l'arc *EBF* représente une partie de la circonférence de la Terre , dont *C* est le centre , & le point *H* est l'extrémité apparente de la Mer , qui seroit alors éloignée de l'Observateur *A* de plus de 40 lieues. Il est vrai que lorsqu'on est dans un Navire , le défaut de l'Horison visuel dont se servent les Marins , ne va guère qu'à 4 ou 5 min. mais puisqu'on est bien sûr que ce défaut est réel , & que nous pouvons en déterminer la quantité fort aisément , nous ne serions pas excusables si nous négligions d'y avoir égard.

66. Lorsqu'on observe la hauteur *par-devant* , l'Astre doit paroître plus haut de toute la quantité dont l'Horison s'incline ou s'abaisse au-dessous de l'Astre. Il faut donc dans ce cas retrancher de la hauteur observée , l'inclinaison de l'Horison , ou , ce qui revient au même , il faut l'ajouter

au complément de la hauteur de l'Astre : car tout ce qui contribue à augmenter la hauteur, doit diminuer le complément. Si on trouve, par exemple, avec le nouvel Octans Anglois, ou avec quelque autre instrument, en observant par-devant, que la hauteur de l'Astre est de 55 deg. 15 min. & qu'on soit élevé de 24 pieds au-dessus de la Mer, on trouvera dans la petite Table que nous insérons ici, qu'il faut retrancher 5 min. pour l'inclinaison de l'Horison. Ainsi on aura 55 deg. 10 min. pour la hauteur de l'Astre, & 34 deg. 50 min. pour le complément, ou pour la distance de l'Astre au Zénith.

67. Mais ce sera tout le contraire, & la hauteur de l'Astre sera trouvée trop petite, si l'on observe par derriere. Car l'Observateur qui tourne le dos à l'Astre *S*, & qui regarde la ligne *AH* comme horizontale, la prolonge sans y penser derriere lui, & il se trompe donc de toute la quantité dont cette ligne s'élève en *K*, au-dessous de l'Astre. Ainsi lorsqu'on prend hauteur par derriere, il faut ajouter à cette hauteur l'inclinaison de l'Horison, ou, ce qui revient au même, il faut retrancher cette inclinaison, du complément de la hauteur.

68. Il faut remarquer que, quoique l'Horison paroisse borné par une terre, on peut cependant s'en servir, pourvu qu'on ait égard, comme on le doit toujours, à son inclinaison. Il suffit que la terre qu'on voit soit au-delà du point *H*. Si l'on n'est élevé au-dessus de la Mer que de 15 ou 20 pieds, l'Horison ne doit guère s'étendre qu'à une lieue & demie de distance ou deux lieues. Ainsi toutes les fois que la côte qu'on découvre est plus loin, on ne doit nullement la regarder comme un obstacle à l'observation. Si l'on craignoit qu'elle en fût un, il n'y auroit qu'à se mettre un peu plus bas, se mettre seulement à 8 ou 9 pieds au-dessus de la Mer, & alors la distance *AH*, à l'extrémité apparente *H* de la Mer à laquelle on viseroit, ne seroit guère que d'une lieue. On peut prendre pour règle générale, qu'il n'y a aucun risque à se servir de l'Ho-

260 *NOUVEAU TRAITE' DE NAVIGATION.*
 rison de la Mer toutes les fois qu'on ne voit pas la plage,
 ou les rochers dont la côte est bordée.

69. *T A B L E des Inclinaisons de l'Horison
 visuel pour différentes Elévations de
 l'Observateur au-dessus de la Mer.*

Elevation au-dessus de la Mer.	Inclinai. de l'Horison.	Elevation au-dessus de la Mer.	Inclinai. de l'Horison.	Elevation au-dessus de la Mer.	Inclinai. de l'Horison.	Elevation au-dessus de la Mer.	Inclinai. de l'Horison.	Elevation au-dessus de la Mer.	Inclinai. de l'Horison.
Pied. Pou.	Minutes.	Pied. Pou.	Minutes.	Pieds.	Minutes.	Pieds.	Minutes.	Pieds.	Minutes.
0 11	1	15 3	4	46 $\frac{1}{2}$	7	95	10	161	13
3 9	2	23 10	5	61	8	115	11	186 $\frac{1}{2}$	14
8 7	3	34	6	77	9	137	12	214	15

70. Cette Table s'étend beaucoup plus loin qu'il n'est nécessaire : je l'ai tirée d'un Ecrit que je publiai en 1729, sur la maniere d'observer en mer la hauteur des Astres. On se contente ordinairement pour trouver l'inclinaison de la ligne AH , de résoudre le triangle rectiligne ACH rectangle en H : on ajoute au rayon de la Terre, qui est de 1160 lieues, ou d'environ 3306000 toises, la quantité BA dont on est élevé en A , au-dessus de la surface de la Mer, on a l'hypoténuse AC ; & on fait ensuite cette analogie : AC est au sinus total, ou au sinus de l'angle droit H , comme le rayon HC de la Terre est au sinus de l'angle CAH . Cet angle étant trouvé, on en prend le complément, & on a la quantité dont la ligne AH est inclinée, ou dont il s'en faut qu'elle ne soit perpendiculaire à AC . On a en même tems l'éloignement de l'Horison apparent. Si l'angle ACH se trouve de 5 à 6^m. la distance AH dont on est éloigné de l'extrémité apparente H de la Mer, sera de cinq ou six milles, ou de cinq ou six tiers de lieue. Nous n'avons pas suivi cette méthode pour construire la petite Table que nous venons de donner : nous avons eu égard à la courbure que souffre le rayon visuel AH , qui se plie considérablement dans son trajet, pour peu qu'il soit long :
 car

car nous ne voyons presque jamais par des lignes exactement droites les objets éloignés. Notre vûe souffre un détour très-sensible, lorsque nous regardons obliquement dans l'eau : il arrive quelque chose de semblable dans l'air même, à cause de sa grossièreté ou densité, qui n'est pas la même à différentes hauteurs au-dessus de la Terre. La courbure du rayon AH diminue un peu son inclinaison ; il se courbe en dessus, à peu près comme l'est la ligne AIh ; il est dirigé en entrant dans l'œil, comme s'il partoît d'un point un peu plus élevé. Cette courbure produit encore un autre effet ; elle est cause que notre vûe est un peu moins bornée ; au lieu de se terminer en H , elle s'étend jusqu'en h .

II.

*Nouveau Moyen d'observer la Hauteur ,
lorsqu'on ne voit pas l'Horison.*

71. Nous avons déjà expliqué plusieurs moyens d'observer la hauteur des Astres, sans se servir de l'Horison que fournit la Mer. Un Artiste Anglois en a proposé un autre qui est fort ingénieux, & qui pourra être d'usage, non-seulement à terre, mais aussi à la Mer. Cet Artiste ayant remarqué que les toupies ont réellement la propriété de se redresser & de se mettre à plomb, lorsqu'elles sont en mouvement, a pensé qu'on pouvoit appliquer un miroir de métal, ou une glace de miroir ordinaire au-dessus, & qu'on auroit une surface parfaitement de niveau, ou parfaitement horizontale, dont on pourroit se servir quelquefois en Mer. Il faut pour cela que la toupie soit de métal, & qu'elle soit construite avec le plus grand soin : on lui donne environ 3 pouces de diamètre ; il faut qu'elle ait très-peu de hauteur ; & afin même que son centre de gravité, ou que son point le plus pesant soit moins élevé, on lui met un pourtour de métal qui lui donne la même forme qu'au couvercle d'une

» boîte cylindrique, ou au-dessus d'une tabatiere ronde;
 » Cette toupie n'a point de pointe ou de pivot en-dessous, c'est même tout le contraire; elle a en-dedans & au-dessous du miroir un petit creux formé dans un morceau d'agate qui reçoit l'extrémité d'une pointe d'acier sur laquelle on la fait tourner, lorsqu'on veut s'en servir.
 » Cette pointe part du fond d'une boîte de bois, ou d'une espèce d'écuelle dont la figure est indifférente, & qu'il est plus facile de faire quarrée. La toupie se soutient à peine sur la pointe d'acier, ou plutôt elle ne s'y soutient pas, lorsqu'elle est sans mouvement: car malgré le pourtour de métal qui est destiné à porter sa pesanteur vers le bas, il ne faut pas que son centre de gravité ou le point dans lequel on peut supposer que toute sa pesanteur se réunit, soit au-dessous de l'extrémité de la pointe d'acier: il ne faut pas non plus qu'il soit au-dessus. Il faudroit qu'il répondit exactement à l'extrémité de la pointe; & c'est ce qui est cause que la toupie ne conserve pas sa situation, lorsqu'on la met sur son pivot, & qu'on ne lui imprime aucun mouvement.

72. » Cette petite Machine a en-dessus & au milieu du miroir une petite tige de métal qui s'élève perpendiculairement comme dans les toupies ordinaires. Lorsqu'on veut la faire tourner, on enveloppe un ruban autour de cette tige, & on le tire ensuite avec force, en retenant la toupie, ou en l'empêchant de s'incliner. L'espèce d'écuelle du fond de laquelle s'élève la pointe d'acier, sur laquelle se fait le mouvement, a ses bords assez élevés. On met au-dessus une règle qu'on place comme un diamètre: cette règle qu'on peut faire de bois, retient la tige de la toupie, pendant qu'on tire le ruban, & on l'ôte aussi-tôt que le mouvement est donné. On voit bien que cette règle doit avoir une certaine hauteur ou épaisseur, & qu'il faut qu'elle ait un trou dans cette épaisseur; afin que le ruban puisse passer au travers lorsqu'on le tire de côté. Plus on le tire prompte-

ment & avec force , plus on fait tourner vite la toupie « dont le mouvement se conserve ensuite plus long-tems. « Le ruban se dégage , puisqu'il n'est point attaché à la « tige de la toupie ; & on peut donc après cela enlever « la règle qu'on avoit mise au-dessus de la boîte ou écuelle. « Je crois que nos Horlogers un peu adroits réussiroient « aisément à construire cette Machine sur la simple des- « cription que nous venons d'en donner. »

73. Cette toupie conservera son niveau , quoiqu'on « incline l'écuelle dans laquelle on la fait tourner, & mal- » gré l'agitation du Navire , si les mouvemens de la Mer « ne sont pas extrêmement violens ; & on aura dans la sur- « face du miroir un horizon parfait dont on pourra se ser- « vir. Si pendant que le mouvement de la toupie est régu- « lier , on regarde le Soleil ou la Lune dans le miroir , « on verra que l'image de l'Astre ne changera point de « place , quoiqu'on donne des secousses assez fortes à la « Machine. Il faudra , pour observer la hauteur avec l'Oc- « tans de la *Figure 67* , se pencher vers la toupie qu'on aura « mise en mouvement dans sa boîte , & qu'on placera en- « bas devant soi. On fera concourir ensuite les deux ima- « ges de l'Astre sur la glace *IF*. La première image sera « celle que fournira la toupie ; on la verra par la partie « transparente de la glace *IF* , & par le rayon visuel *OH* « qu'il faudra rendre d'autant plus plongeant que l'Astre « sera plus haut. Car plus l'Astre sera élevé , plus il paroî- « tra bas , vu par réflexion sur le miroir de la toupie , qui « est parfaitement horizontal. La seconde image qu'il fau- « dra faire concourir avec la première , sera celle qui se « tracera sur la partie étamée de la glace *IF* , & qui sera « fournie par le miroir *LG* de l'allidade & par le rayon « *KMN*. Lorsque les deux images concourront, ou que « la moitié de l'une conviendra parfaitement avec la moi- « tié de l'autre , l'Octans ne donnera pas la hauteur de « l'Astre , mais le double de cette hauteur. Car il mar- « quera combien l'Astre est réellement élevé au dessus de «

» son image qu'on voit dans le miroir de la toupie. Ainsi
 » il n'y aura qu'à prendre la moitié du nombre qu'on trou-
 » vera sur l'Octans, & on aura la hauteur de l'Astre. »

I I I.

De la Réfraction Astronomique.

74. La courbure dont nous avons parlé plus haut (N^o. 70.) que souffrent les rayons de lumière, est très-considérable, lorsqu'ils ont à traverser obliquement toute l'épaisseur de l'air qui environne la Terre. Il s'en faut beaucoup que ces rayons ne nous viennent en lignes droites, ils se courbent sensiblement en avançant vers nous ; ce qui arrive principalement lorsque nous regardons les Astres qui sont vers l'Horison. On nomme *Réfraction Astronomique*, ce détour que souffrent les rayons de lumière, qui fait que la plupart des Astres ne sont pas exactement dans la place où ils nous paroissent être. La Réfraction les élève en apparence ; & on sçait par une infinité d'observations certaines, que lorsqu'ils nous paroissent à l'Horison, ils sont réellement 33 ou 34 minutes au-dessous. Lorsque le Soleil ou la Lune se lève ou se couche, la partie inférieure de ces Astres

*T A B L E des Réfractions
Astronomiques.*

Hauteur apparente. Degrez.	Refract. Minutes.	Hauteur apparent. Degrez.	Refraction. Minutes.
0	34	16	3
1	24	25	2
2	18	43	1
3½	13	49	0 50''
5	10	55	0 40''
7	7	62	0 30''
8	6	71	0 20''
10	5	80	0 10''
12½	4	90	0 0''

souffre plus de réfraction que le haut, ou paroît plus élevée à proportion ; & c'est ce qui est cause que ces Astres prennent alors à notre vûe une forme ovale.

75. Dans les Régions où l'air est plus dense, les Réfractions doivent y être un peu plus fortes ; & elles sont aussi, toutes choses d'ailleurs égales, un peu plus grandes en Hyver qu'en Été. On peut dans l'usage de la Navigation, n'avoir point égard à cette différence, & se servir toujours de la petite Table qu'on voit ci-à-côté. Puisque la Ré-

fraction élève l'Astre en apparence, il faut nécessairement la retrancher de la hauteur, ou bien l'ajouter au complément. Lorsque j'étois à Sainte-Marthe le 30 Octobre 1743, & que je trouvai à Midila distance du Soleil au Zénith de 25 deg. 14 min. ou la hauteur de cet Astre de 64 deg. 46 min. la méthode que j'employai dans cette occasion, parce que je n'avois alors aucun Instrument, n'exigeoit aucune correction pour l'Horison, mais conformément à la petite Table, je dus retrancher de la hauteur environ une demie-minute. Les Pilotes peuvent souvent négliger une aussi petite quantité : mais lorsque l'Astre est beaucoup moins élevé, la Réfraction est plus grande, & il faut alors nécessairement y avoir égard.

I V.

De la Parallaxe.

76. Enfin il y a encore une attention à avoir, non « pas lorsqu'on observe la hauteur du Soleil ou des Etoi- « les, mais lorsqu'on observe celle de la Lune ; ce qui « sera utile au Pilote en plusieurs rencontres. La Lune « étant très-voisine de la Terre, ou ce qui revient au mê- « me, la Terre étant fort grosse par rapport à la distance « d'ici à la Lune, nous ne pouvons pas nous considérer « comme exactement situés au centre du cercle que pa- « roît décrire cette Planète. Si deux personnes sont seu- « lement éloignées l'une de l'autre de 7 à 800 lieues, & « qu'elles observent la Lune précisément dans le même « instant, elle ne leur paroîtra pas exactement dans le « même point du Ciel ; on la rapportera à différentes Etoi- « les, & la différence pourra aller à plus de 30 minutes, » ou se trouver d'environ la largeur ou le diamètre de la « Planète. Ce changement, dans la situation apparente « de l'Astre, se nomme en général *la Parallaxe* ; & com- « me l'observation n'en avoit pas échappé aux Anciens, « ils s'en sont servis avec succès pour déterminer la distan- «

» ce de la Lune à nous , par des moyens qui sont les mêmes dans le fond que ceux qui servent à lever des Plans ou à mesurer les distances par la Trigonométrie.

Figure 71.

77. » Nous supposons pour donner une idée plus précise de la Parallaxe , que le petit cercle *BAD* (*Fig. 71.*) représente la Terre, que *GL* soit le cercle que la Lune paroît décrire en tournant autour de nous, & que cette Planète réponde au Zénith de l'Observateur *A*, de même que l'Etoile *E*, ou que les deux Astres soient sur la même ligne *CE*. Si la Lune ne changeoit pas de situation par rapport à l'Etoile, & qu'elle parût faire le tour de la Terre précisément dans le même tems, elle parviendroit en *l*, lorsque l'Etoile parviendroit en *e*; & les deux Astres seroient toujours sur la même ligne droite *Ce*, qui part du centre *C* de la Terre. Mais cependant la Lune ne répondroit pas au même endroit du Ciel que l'Etoile, pour l'Observateur *A* qui rapporteroit la Lune au point *F*, au lieu de la rapporter à l'Etoile, comme il le faisoit trois ou quatre heures auparavant. Il n'est pas moins clair que la Parallaxe fait paroître plus bas l'Astre qui y est sujet, ou qu'elle le fait paroître plus éloigné du Zénith. Ainsi après avoir observé la hauteur de la Lune, il faut l'augmenter pour la corriger, ou pour trouver de combien elle seroit, pour un Observateur placé au centre *C*.

78. » Les Etoiles sont si éloignées de la Terre, qu'elles n'ont aucune Parallaxe sensible: notre Globe, malgré la grosseur qu'il a par rapport à nous, n'est rien par rapport à leur distance qui est comme infinie. Le Soleil étant plus voisin a une Parallaxe, mais si petite qu'on doit la négliger dans les observations que font les Pilotes. Ce n'est pas la même chose de la Lune dont la Parallaxe est quelquefois de plus d'un degré, ou de deux fois la largeur de cette Planète. Plus la Lune est voisine de l'Horison, plus la Parallaxe est grande; mais outre cela la Lune change sa distance à la Terre, comme nous l'avons ex-

pliqué dans le Livre précédent. Elle ne décrit pas toujours d'Orient en Occident en 24 heures un cercle *GL* également éloigné de nous, & c'est ce qui rend sa Parallaxe encore plus variable. On doit bien se ressouvenir que la Parallaxe produit un effet tout contraire à la réfraction; elle abaisse l'Astre: ainsi nous le répétons, il faut l'ajouter à la hauteur, ou la retrancher du complément. Nous insérons ici une petite Table qui marque la Parallaxe qu'à la Lune à différentes hauteurs, lorsqu'on sçait la Parallaxe qu'à cette Planète à l'Horison. Et c'est pour cela que nous l'avons distribuée en un plus grand nombre de colonnes.

79. On choisira la colonne convenable en cherchant en haut la Parallaxe horizontale, ou cette plus grande Parallaxe qu'à la Lune lorsqu'elle est à l'Horison. Si cette Parallaxe est, par exemple, de 58 min. ce qu'on sçaura par les moyens indiqués dans le Livre précédent (N°. 124.) en calculant l'anomalie de la Lune, on se servira de la seconde colonne des Parallaxes, & si la Lune a 50 deg. de hauteur, on trouvera 37 min. qu'il faudra par conséquent ajouter à cette hauteur.

*T A B L E
des Parallaxes de la
Lune.*

Hauteur apparen. Degrez.	Paralla- xes. Minutes.	Paralla- xes. Minutes.	Paralla- xes. Minutes.
0	54	58	62
10	53	57	61
20	51	54	58
30	47	50	54
40	41	44	47
50	35	37	40
60	27	29	31
70	19	20	21
80	9	10	11
90	0	0	0

80. Supposé que la Parallaxe qu'à la Lune à l'Horison, ne se trouve pas dans la Table, on prendra des parties proportionnelles entre les nombres de deux colonnes. Si, par exemple, la Parallaxe horizontale est de 59 minutes, & que la hauteur apparente de la Lune soit de 60 degrez, il faudra prendre une espèce de milieu entre 29 & 31 minutes qui sont marquées dans la

» seconde & la troisième colonnes des Parallaxes. On trouve
 » vera $29\frac{1}{2}$ min. qui étant ajoutées à 60 degrez, donne-
 » ront 60 degrez $29\frac{1}{2}$ min. pour la hauteur vraie, en sup-
 » posant qu'on ait déjà fait les autres corrections. »

CHAPITRE IV.

Moyens de trouver la Latitude de l'endroit où l'on est en Mer.

I.

81. **I**L est facile de déterminer la latitude de l'endroit où l'on est, lorsqu'on peut observer la hauteur des Astres. C'est déjà là un premier usage qu'aura cette observation. Nous prendrons la hauteur de l'Astre, lorsqu'il sera parvenu au Méridien : nous l'aurons vu monter peu-à-peu du côté de l'Orient ; & l'instant avant qu'il descende vers l'Occident nous mesurerons avec l'Océans Anglois ou avec quelque autre instrument sa distance à notre Zénith, ou le complément de sa hauteur. On pourra, pour plus de sûreté, examiner sur la Boussole, après qu'on en aura découvert la variation, si l'Astre répond exactement au Nord ou au Sud. Supposé après cela que l'Astre n'eût point de déclinaison, qu'il fût précisément sur l'Equateur, sa distance au Zénith donneroit celle de l'Equateur au Zénith. Ainsi on auroit alors immédiatement la latitude du lieu où l'on est, puisqu'elle est égale en degrez à l'autre quantité, comme nous l'avons vu ci-devant, (N°. 15 du Livre II.) Mais si l'Astre a de la déclinaison, comme cela arrive presque toujours, le complément de sa hauteur sera alors trop grand ou trop petit.

82. Les Pilotes n'observent guère que le Soleil, & on peut leur donner une règle générale avec laquelle ils ne pourront

pourront jamais se tromper sur la petite opération d'Arithmétique qu'ils auront à faire. Comme on ne prend la hauteur de l'Astre que lorsqu'il passe au Méridien, l'ombre de l'Observateur ne peut aller que vers le Nord ou vers le Sud. Il n'y a qu'à faire attention au côté vers lequel elle tombe, & ajouter toujours ensemble les deux quantités, la déclinaison de l'Astre & sa distance méridienne au Zénith, si l'ombre de l'Observateur & la déclinaison sont de même dénomination. Il faudra au contraire soustraire une des deux quantités de l'autre, si l'ombre & la déclinaison sont de différens côtés: outre cela la latitude sera toujours du côté de la plus grande de ces deux choses, du côté de la déclinaison, si elle est la plus forte, & du côté de l'ombre, si c'est la distance de l'Astre au Zénith qui est plus grande.

83. Il nous est très-facile, en jettant les yeux sur la Fig. 38. de nous convaincre que cette règle est parfaitement sûre. On se ressouvient que les points *N* & *S* indiquent les deux Poles du Monde, & *EQ* l'Equateur céleste. Si l'Astre en passant au Méridien se trouve en *F*, l'ombre de l'Observateur, qui est en *A*, ira vers le Nord, & la déclinaison de l'Astre sera septentrionale. Ainsi selon la règle, il faudra ajouter la déclinaison de l'Astre avec le complément de sa hauteur, pour avoir la latitude. Il est bien clair aussi qu'en ajoutant la déclinaison *FE* avec le complément *FZ* de la hauteur de l'Astre, on aura la distance *EZ* du Zénith à l'Equateur.

84. Si l'Astre, au lieu de se trouver en *F*, lorsqu'il passe au Méridien, se trouve en *G* de l'autre côté du Zénith, l'ombre de l'Observateur ira d'un côté, pendant que la déclinaison de l'Astre sera d'une autre dénomination. Ainsi la règle nous apprendra qu'il faut soustraire; & on voit bien aussi que la déclinaison *EG* est plus grande que la distance du Zénith à l'Equateur, & qu'il faut donc en retrancher le complément de la hauteur de l'Astre, ou la quantité *ZG* dont l'Astre est éloigné du Zénith. La règle réussira également, lorsque l'Astre sera en *D*, de l'autre

Fig. 38.

Fig. 38.

côté de l'Equateur, par rapport au Zénith. L'ombre de l'Observateur & la déclinaison de l'Astre seront de différens côtés, & selon la règle il faudra soustraire. Le complément DZ de la hauteur de l'Astre est effectivement trop grand; & si on en retranche la déclinaison DE , il restera EZ , distance du Zénith à l'Equateur.

85. Nous pourrions nous dispenser de dire que la même règle doit être bonne pour les Étoiles, lorsqu'on les observe dans la plus grande hauteur à laquelle elles parviennent dans chaque révolution de 24 heures. Le côté où elles sont, par rapport au Zénith, détermine le côté vers lequel tomberoit l'ombre, si leur lumière étoit assez forte. On peut se servir avec le même succès des observations faites sur la Lune; pourvu qu'on ait des Tables de la déclinaison de cette Planète, & qu'on les corrige pour la différence des Méridiens.

I I.

Applications de la Règle à quelques Exemples.

86. Supposons qu'un Pilote se trouve dans la Mer du Sud, vers 290 degrez de longitude, selon la manière ordinaire de compter, & que le 29 Novembre 1758, son ombre à midi aille vers le Nord, & que le complément de la hauteur du Soleil soit de 22 deg. 10 min. toutes corrections faites. Il s'agit de trouver la latitude.

87. Lorsqu'il sera midi dans la mer du Sud, par 290 degrez de longitude, il sera plus de midi à l'Isle-de-Fer. On fera par 70 degrez de longitude Occidentale, qui valent 4 heures 40 min. Ainsi il sera déjà 4 heures 40 min. du soir à l'Isle-de-Fer, supposé qu'on soit entré dans la Mer du Sud en suivant la route ordinaire, en doublant le Cap de Horne, ou en singlant vers l'Ouest. La déclinaison du Soleil sera de 21^d. 36^m. La Table ne marque que 21 deg. 34 min. mais il faut ajouter environ 2 min. à cause de la

différence des midis. La déclinaison sera Sud, & comme l'ombre de l'Observateur est supposée au contraire aller vers le Nord, il faut soustraire les deux quantités l'une de l'autre. Il restera 0 degré 34 min. pour la latitude, & elle sera Nord, ou du même côté que l'ombre, parce que le complément de la hauteur de l'Astre est plus grand que la déclinaison.

88. *Second exemple.* L'œil du Taureau en passant au Méridien, ou lorsqu'il parvient à sa plus grande hauteur, paroît vers le Nord, par rapport au Zénith de l'Observateur, c'est-à-dire, que si l'Etoile avoit assez de lumière, l'ombre iroit vers le Sud. Sa distance au Zénith se trouve en même tems de 10 deg. 15 min. Il faut encore soustraire dans ce cas, parce que l'ombre & la déclinaison sont de différens côtés. La Table du N°. 23. du Livre précédent, marque 15 deg. 59 min. pour la déclinaison de l'Etoile, pour le commencement de 1755, & si de 15 degrez 59 min. on ôte 10 deg. 15 min. il restera 5 deg. 44 min. pour la latitude; & elle sera Nord, parce que la déclinaison de l'Astre est la plus grande des deux quantités.

89. « *Troisième Exemple.* On est le 19 Décembre 1752 « par 344 deg. de longitude, c'est-à-dire, qu'on est 16 deg. « à l'Ouest du Méridien de l'Isle-de-Fer, on est par 16 deg. « de longitude Occidentale, ou environ 36 deg. à l'Occident du Méridien de Paris, & on s'y est rendu d'Europe par le plus court chemin. On observe la hauteur « apparente de la Lune de 10 deg. 9 minutes, lorsque « cette Planète passe au Méridien : l'erreur de l'instrument est censée corrigée, de même que l'inclinaison de « l'Horison : l'ombre de l'Observateur pendant l'observation « va vers le Sud. On demande par quelle latitude on est ? »

90. Le Livre de la Connoissance des Tems, ou les Ephémérides * des mouvemens célestes marquent «

* Les Ephémérides sont des Tables qui donnent les mouvemens célestes de jour en jour, les déclinaisons des Planètes, le tems de leur passage par le Méridien, &c.

» la déclinaison de la Lune pour le 19 Décembre 1752,
 » à midi pour le Méridien de Paris, de 19 deg. 33 min.
 » septentrionale, & pour le lendemain à midi, 20 deg.
 » 6 min. Ainsi la déclinaison de la Lune augmente en
 » ce tems-là de 33 min. en 24 heures; & elle doit donc
 » augmenter à proportion d'environ 15 min. depuis midi
 » jusqu'à 10 heures 55 min. du soir que la Lune passe au
 » Méridien de Paris; ce qui donnera 19 deg. 48 min.
 » pour sa déclinaison. Mais elle doit en avoir encore da-
 » vantage lorsqu'elle parvient au Méridien de notre Ob-
 » servateur, environ 36 deg. à l'Occident du Méridien
 » de Paris, qui valent 2 heures 24 min. Je cherche
 » donc encore de combien la déclinaison de la Lune doit
 » augmenter dans cet intervalle de tems, à proportion
 » des 33 min. d'augmentation qu'elle reçoit en 24 heu-
 » res: il me vient environ 2 min. & demie, qu'il faut
 » ajouter à 19 deg. 48 min. & j'ai en tout 19 degrez
 » 50½ min. pour la déclinaison de la Lune à l'instant de
 » l'observation; cette déclinaison est Septentrionale ou
 » Nord.

91. » Nous devons considérer après cela que la hau-
 » teur de la Lune n'est qu'apparente, & que quoique
 » corrigée de l'erreur de l'instrument & de l'inclinaison
 » de l'Horison, nous devons avoir égard aux erreurs cau-
 » sées par la réfraction astronomique & par la parallaxe.
 » La hauteur apparente étant de 10 deg. 9 min. nous
 » trouvons dans la petite Table du N°. 74. qu'il y a en-
 » viron 5 min. pour la réfraction, lesquelles sont à retran-
 » cher, ce qui nous donne 10 deg. 4 min. pour la hau-
 » teur. Il nous faut outre cela avoir égard à la paralla-
 » xe, comme nous l'avons expliqué N°. 76. & suivans.
 » Si on calcule l'anomalie de la Lune par la Table du
 » N°. 132. du Livre précédent, on verra qu'il ne s'en
 » faut pas beaucoup qu'elle ne soit de six signes; & on
 » trouvera dans la Table du N°. 133. que la parallaxe
 » horisontale est d'environ 62 min. La parallaxe qu'a la

Lune, à 10 deg. 4 min. de hauteur, est un peu moindre ; & on apprendra, en consultant la Table du N°. 79. que cette parallaxe est de 61. min. lorsque la parallaxe horizontale est de 62 min. Ainsi il faut ajouter 61 min. ou 1 deg. 1 min. à la hauteur observée de la Lune, pour avoir la hauteur vraie. Il viendra 11. deg. 5 min. & par conséquent la Lune sera éloignée du Zénith de 78 deg. 55. min. «

92. Le reste de l'opération n'est sujet à aucune difficulté ; l'ombre de l'Observateur & la déclinaison de l'Astre sont de différens côtés : il faut donc soustraire les deux quantités l'une de l'autre, selon notre règle générale. Il faut ôter la déclinaison 19 deg. 50 $\frac{1}{2}$ min. du complément de la hauteur 78 deg. 55 min. il vient 59 deg. 4 $\frac{1}{2}$ min. pour la latitude requise, & elle sera Sud, parce qu'elle doit être du côté de l'ombre ; le complément de la hauteur de l'Astre étant plus fort que sa déclinaison. Une pareille détermination ne sera pas ordinairement aussi exacte que si on avoit observé le Soleil ; les négligences de calcul & divers autres obstacles plus difficiles à vaincre en seront cause. Mais néanmoins on tiendrait un grand secours dans plusieurs cas de ces sortes d'observations, & elles seroient toujours d'une précision suffisante. «

III.

Exception à laquelle est sujette la Règle précédente.

93. La règle que nous venons d'expliquer souffre cependant une exception. Elle ne peut pas servir lorsque l'Astre passe au Méridien au-dessous du Pole, ou lorsqu'on l'observe dans sa moindre hauteur. Ce cas peut avoir lieu pour le Soleil même, lorsque la Sphère est trop oblique, & que cet Astre ne se couche pas. Il nous éclaire pendant sa révolution entière de 24 heures. Si on l'observe à midi,

Fig. 38.

la règle que nous fournit la remarque de l'ombre est bonne ; mais si on l'observe lorsqu'il est descendu à sa moindre hauteur, ou dans le point qui tient lieu de minuit, il faut alors ajouter la déclinaison avec la distance de l'Astre au Zénith, & ôter la somme de 180 degrez. Le Soleil est comme en K ; sa déclinaison est KQ , qu'on ajoute avec KZ , ce qui donne la distance ZQ du Zénith à l'Equateur ; mais par le plus long chemin, & il faut ôter cette distance de 180 degrez ou du demi cercle, pour avoir EZ .

I V.

Trouver la Latitude par la Hauteur du Pole.

* Voyez N^o.
6. Liv. II.

94. Au lieu de chercher la distance de notre Zénith à l'Equateur, nous pouvons chercher la hauteur polaire ou la quantité NO dont le Pole est élevé au-dessus de l'Horizon, & nous aurons également notre latitude. * Mais lorsqu'on se sert de ce second moyen, on employe la hauteur même de l'Astre, & non pas son complément ; & on fait tout le contraire à l'égard de la déclinaison.

95. Supposé que l'Astre passe au Méridien dans sa plus grande hauteur, & qu'il soit comme en G , on ôtera de sa hauteur GO sa distance GN au Pole, ou le complément de sa déclinaison ; le reste donnera la hauteur polaire NO . Le cas est contraire si l'Astre est au-dessous du Pole, ou dans sa moindre hauteur, comme en K . Cette hauteur que fournit l'instrument est moindre que la hauteur du Pole, & puisque l'Astre est trop bas, il faut augmenter sa hauteur, en y ajoutant le complément de la déclinaison.

96. *Exemple.* Supposons qu'au commencement de 1759, on observe la Claire des Gardes, lorsqu'elle passe au Méridien au-dessous du Pole, ou lorsqu'elle est dans sa moindre hauteur, & qu'on trouve qu'elle est élevée au-dessus

de l'Horison de 35 deg. 10 min. Nous demandons par quelle latitude on fera.

97. La déclinaison de la Claire des Gardes fera de 75 deg. 8 min. Ainsi l'Etoile fera éloignée du Pole de 14 deg. 52 min. & puisqu'elle est moins élevée que le Pole, il faut ajouter ces 14 deg. 52 min. aux 35 deg. 10 min. de hauteur de l'Etoile, ce qui donnera 50 deg. 2 min. pour la hauteur polaire, ou pour la latitude de l'Observateur, laquelle sera Nord, puisque la Claire des Gardes est dans l'Hémisphère septentrional.

V.

*Remarques sur quelques autres moyens
proposés par différens Auteurs pour
trouver la Latitude.*

98. « On trouve dans plusieurs Livres divers moyens « de découvrir la latitude, en observant les Astres, lorsqu'ils sont vers l'Orient ou vers l'Occident, à une certaine distance du Méridien. La chose est très - possible « dans la Spéculation, & on pourroit aussi sans doute la « pratiquer quelquefois à terre. Le cas est différent, lorsqu'on est en Mer; & d'ailleurs il me paroît que toutes « ces méthodes peu directes, ou peu naturelles, sont superflues pour trouver la latitude, surtout si l'on joint « aux observations du Soleil, celles de la Lune & des « Etoiles. Supposé que le Soleil passe au Méridien trop « près du Zénith, on ne pourra pas observer sa hauteur; « mais il n'y aura qu'à avoir recours aux autres Astres. »

99. Ces mêmes méthodes sont peu exactes, par la même raison qu'elles ne sont pas assez directes. On peut « s'en appercevoir aisément en les examinant avec un peu « d'attention; & d'ailleurs nous nous en sommes assurés « par notre propre expérience. Plusieurs Auteurs ont proposé, par exemple, d'observer deux Astres dans l'inf- »

» tant qu'ils sont exactement dans le même vertical, & ils
 » ont cru que cette observation étoit très-facile à faire ;
 » parce qu'elle n'exigeoit de la part d'un des Observateurs
 » qu'un instrument bien simple, ſçavoir, un fil à plomb.
 » Mais ſi ces deux Aſtres ſont voiſins l'un de l'autre, il
 » arrivera que pendant plus d'une demie-heure ils paroî-
 » tront aſſez exactement dans le même vertical, & qu'ainſi
 » la circonſtance choiſie ne donnera rien de déterminé.
 » Si au contraire les deux Aſtres ſont à une diſtance con-
 » ſidérable l'un de l'autre, on ne les verra pas du même
 » coup d'œil, on ne pourra pas les rapporter exactement
 » au fil à plomb ; & outre cela la longueur de ce fil con-
 » tribuera à faire augmenter l'agitation que le Navire lui
 » communiquera continuellement.

I 00. » On a propoſé auſſi d'obſerver la hauteur d'un Aſ-
 » tre deux fois vers l'Orient ou vers l'Occident, & de me-
 » ſurer avec une montre le tems écoulé entre les deux ob-
 » ſervations. Mais il faut que l'intervalle ſoit au moins de
 » 2 ou 3 heures, & on n'eſt pas ſûr de l'obtenir en Mer,
 » à pluſieurs ſecondes près, quelque exacte que ſoit l'Hor-
 » loge dont on ſe ſert. Tout conſidéré, il s'agit de dé-
 » couvrir la grandeur de l'arc du Méridien intercepté en-
 » tre le Zénith & l'Equateur ; & il eſt certain qu'il n'y a
 » pas de meilleur moyen d'y parvenir dans la pratique,
 » que de ſe ſervir des Aſtres lorsqu'ils paſſent au Méridien.
 » Si on emploie ce moyen direct, on ne doit pas crain-
 » dre que les erreurs de l'obſervation ſe multiplient : ſup-
 » poſé qu'on ſe trompe de 2 ou 3 minutes ſur la hauteur
 » de l'Aſtre, l'erreur ne fera que de la même quantité ſur
 » la latitude. Ce ne ſeroit pas la même choſe ſi les Na-
 » vigateurs adoptoient les méthodes indirectes dont nous
 » les avertiſſons de ne pas ſe ſervir. Il leur faudroit faire
 » pluſieurs obſervations ; & la moindre erreur qu'ils com-
 » mettroient ſur chacune, leur en produiroit preſque tou-
 » jours d'extrêmement grandes ſur la latitude, à cauſe des
 » circuits dans leſquels ils ſeroient obligés de s'engager.»

CHAPITRE V.

Moyens de déterminer l'Heure qu'il est , lorsqu'on est en Mer , & de régler avec exactitude les Horloges , soit par l'instant du Lever & du Coucher du Soleil , soit autrement.

101. **L**ORSQU'ON connoît la latitude de l'endroit où l'on est , il est facile de trouver l'heure du lever & du coucher du Soleil ; ce qui sert à régler les Horloges ou Sabliers qu'on a dans les Vaisseaux. Le Pilote ne peut faire l'opération qui est nécessaire pour cela , que lorsqu'il sçait la déclinaison du Soleil pour l'instant même du lever ou du coucher : mais comme la distance de cet Astre à l'Equateur ne change au plus que d'une minute dans une heure , on ne peut pas s'y tromper sensiblement. Il est très-facile aussi par la connoissance de la route , & par les changemens qu'a reçu la latitude ou la hauteur polaire depuis la dernière observation , de connoître par quelle latitude on est le matin ou le soir.

I.

Usage des Tables du Lever & du Coucher du Soleil.

102. Connoissant la hauteur polaire & la déclinaison , on aura recours à la Table que nous insérerons à la fin de ce Chapitre. Les degrez de déclinaison sont marqués en haut , & les latitudes ou hauteurs polaires sont marquées dans la première colonne. On fait convenir

N n

les deux quantités, & on trouve l'heure du lever ou l'heure du coucher du Soleil, selon qu'on est en Eté ou en Hyver. Si on est en Eté, la Table donne l'heure du lever; mais il n'y a qu'à ôter l'heure du lever, de 12 heures, & on aura le coucher.

103. Si l'on est, par exemple, par 50 degrez de latitude septentrionale, & que la déclinaison du Soleil soit Nord de 15 degrez, la Table nous apprendra que le Soleil se lève à 4^h. 46^m. & si on retranche ce nombre de 12^h. il restera 7^h. 14^m. pour le coucher. Il faut remarquer que ce n'est pas le lever & le coucher apparent, que la Table fournit. Elle nous indique le tems auquel le Soleil se trouve réellement dans l'Horison, & alors cet Astre nous paroît plus haut à cause de la réfraction astronomique. On voit alors entre son bord inférieur & l'Horison, un espace égal à peu près à son demi-diamètre.

104. Il y aura ordinairement des minutes, outre les degrez de latitude & de déclinaison: il faudra donc prendre les parties proportionnelles, comme nous avons déjà eu occasion de le faire plusieurs fois. Supposé que la latitude soit de 50 deg. 40 min. & la déclinaison du Soleil de 15 deg. 10 min. il faudra prendre des parties proportionnelles pour les 10 minutes de déclinaison, & pour les 40 minutes de surplus de latitude. Un degré entier d'augmentation dans la déclinaison fait diminuer l'heure du lever du Soleil de 6 minutes. Ainsi 10 minutes dans la déclinaison doivent produire une diminution d'une minute dans l'heure du lever. On trouvera par une opération à peu près semblable, que les 40 minutes de surplus dans la latitude font diminuer l'heure du lever de 2 minutes. Ainsi; tout compté, il faut retrancher 3 minutes. On aura 4 heures 43 min. pour le lever; & si on l'ôte de 12 heures, on aura 7 heures 17 min. pour le coucher.



I I.

*Trouver l'Heure du Lever & du Coucher
du Soleil en traçant une Figure.*

105. Supposé qu'on n'eût pas entre les mains la Table du lever & du coucher du Soleil, on a plusieurs moyens assez faciles d'y suppléer. Celui que nous allons expliquer le premier est un peu long; mais il est propre à éclairer les commençans, & à leur donner des idées plus nettes de beaucoup de choses qu'ils ont un grand intérêt de bien sçavoir.

106. On fait une *Figure* semblable à la 72^{me}; mais on la rend plus grande, afin que l'opération soit plus exacte. On décrit un cercle $HZOQ$ en lui donnant pour rayon la longueur de la corde de 60 deg. si l'on a une échelle des cordes d'une grandeur commode: ce cercle représente le Méridien. On tire un diamètre HO , pour marquer l'Horison, & on fait l'arc NO égal à la hauteur polaire ou à la latitude du lieu où l'on est. Si on est par 50 degrez de latitude, nous ferons l'arc ON de 50 deg. nous mettrons le même nombre de degrez depuis H jusqu'en S ; & ayant conduit l'axe du monde NS , on lui élève la perpendiculaire EQ qui représente l'Equateur. On peut, si l'on veut pour tirer cette seconde ligne, mettre depuis H jusqu'en E le complément de la latitude. Car c'est la même chose que si on faisoit EZ égal à la latitude.

Fig. 72.

107. On cherchera après cela la déclinaison du Soleil dans les Tables, & on mettra le même nombre de degrez depuis E jusqu'en F , & depuis Q jusqu'en G , si l'Astre est du côté du Nord ou du côté du Pole élevé. Si la déclinaison du Soleil étoit au contraire méridionale, on marqueroit les deux points F & G de l'autre côté de l'Equateur. Comme nous voulons que notre *Figure* répon-

N n ij

Fig. 72.

de à l'exemple proposé au N°. 103, nous ferons EF & QG de 15 degrez. Nous tirerons après cela la ligne droite FG qui représente le parallèle que décrit le Soleil. Le point le plus bas représente le point de minuit, le point S est celui du lever, & F le point de midi. Ainsi pour découvrir à quelle heure le Soleil se lève, il s'agit de savoir combien cet Astre met de tems à se rendre de G en S , à proportion de tout le chemin GF qu'il fait en 12 heures depuis minuit jusqu'à midi.

108. Je prends le milieu de FG ; j'aurai en D le point de six heures. De ce point comme centre je décris le demi-cercle FKG ; je le divise en 12 parties égales pour représenter les 12 heures, & tirant ensuite du point S une parallèle SI à l'axe SN , elle vient me marquer en I sur le demi-cercle l'instant du lever du Soleil. Nous n'avons marqué que les heures sur le demi-cercle FKG ; mais on peut diviser une des parties par la moitié, & on aura une demie-heure ou 30 minutes. On peut encore diviser par la moitié une de ces secondes parties, & on aura un quart-d'heure ou 15 minutes. On en prendra ensuite le tiers qui sera de 5 minutes, & il ne restera plus par conséquent qu'à le diviser en cinq parties égales pour avoir des minutes. C'est de cette sorte qu'on reconnoîtra que la ligne SI indique 4 heures 46 min. pour le lever du Soleil.

109. Les raisons sur lesquelles l'opération précédente est fondée, se présentent assez aux Lecteurs. La Figure doit être supposée mise verticalement, & dirigée Nord & Sud; puisque le cercle $HZOQ$ est le Méridien. Nous avons dit que le parallèle FG représentoit le demi-cercle que le Soleil traçoit en 12 heures: ce demi-cercle est plutôt représenté par FKG que nous avons divisé en 12 parties égales. Nous les avons fait commencer en G : c'est pourquoi elles sont les heures du matin, au lieu qu'elles seroient les heures du soir, si nous les avions marquées dans un ordre contraire. Tout ce qu'il nous reste à re-

marquer, c'est que le demi-cercle FKG n'est pas dans sa vraie situation. Il doit toujours avoir FG pour diamètre; mais il faut, en le détachant vers K , l'élever par la pensée, de manière qu'il soit perpendiculaire au plan du Méridien, & le point I viendra se mettre réellement dans l'Horison, qu'il faut concevoir comme un cercle, quoique nous le représentions ici par la seule ligne droite HO .

Fig. 72.

III.

Trouver l'Heure qu'il est, lorsque le Soleil est parvenu à une certaine Hauteur.

III. On peut, en se servant d'une Figure construite de la même manière, découvrir l'heure qu'il est, lorsque le Soleil est parvenu à une certaine hauteur. Quelquefois les Pilotes régulent leurs Horloges sur le passage du Soleil par le Méridien, lorsqu'ils prennent hauteur: mais cette méthode est tout-à-fait défectueuse, parce que la hauteur du Soleil vers midi peut se trouver sensiblement la même pendant un tems très-considérable: au lieu que ce n'est pas la même chose, lorsque le Soleil est vers l'Orient ou vers l'Occident. Outre cela, l'opération que nous allons expliquer, n'est ni longue, ni difficile.

III. Supposons que la latitude soit de 50 deg. & la déclinaison du Soleil de 15 deg. du côté du Pole élevé, la figure sera déjà faite en partie, si on s'est conformé à ce que nous venons de dire dans l'Article précédent. Supposons de plus que quelques heures après le lever du Soleil, ou quelques heures avant son coucher on observe avec le nouvel Octans Anglois la hauteur de cet Astre, & qu'on la trouve de 35 deg. nous porterons ce nombre de degrez au-dessus de l'Horison depuis H jusqu'en M , & depuis O jusqu'en P , & nous tirerons la ligne droite MP , qui sera parallèle à l'Horison, & qui tiendra lieu d'un almicantrat. Cette ligne coupera le parallèle FG

Fig. 72.

en R , & il est évident que le Soleil, lorsqu'on l'a observé à 35 deg. de hauteur, répondoit à ce point R .

II 2. Il ne restera plus qu'à tirer RT parallèlement à l'axe SN , & on aura le point T , où étoit réellement le Soleil; pourvu qu'on imagine que le demi cercle FTG soit élevé perpendiculairement sur le plan du Méridien. Ce point T indique 8 heures 29 min. & c'est l'heure requise. Supposé donc que les Montres ou Horloges qu'on a dans le Navire ayent marqué cette même heure dans l'instant de l'observation, on sera assuré qu'elles alloient bien; & si on trouve au contraire quelque différence, on sçaura de combien elles s'écartoient du Ciel.

I V.

Trouver l'Heure qu'il est la Nuit, en observant la Hauteur d'une Etoile.

II 3. On pourra par une opération semblable déterminer la situation d'une Etoile par rapport à sa révolution de 24 heures. Sçachant la déclinaison de cette Etoile on tracera son parallèle FG , ou le demi cercle FKG qu'elle décrit réellement depuis son passage par le Méridien au-dessous de la Terre, jusqu'à son passage par le Méridien au-dessus de nous. Nous supposons qu'on observe sa hauteur lorsqu'elle est vers l'Orient ou vers l'Occident. Il n'y a après cela qu'à mettre au-dessus de l'Horison, depuis H jusqu'en M , & depuis O jusqu'en P , le nombre de degrez qu'on aura trouvé, & tirant l'almicantarate MP , son intersection R avec le parallèle répondra au point où étoit l'Etoile. On tirera RT parallèlement à l'axe SN du Monde, & le point T donneroit exactement l'heure de l'observation, si le Soleil & l'Etoile étoient exactement dans le même cercle horaire, ou s'ils avoient la même ascension droite. Mais quoique nous sçachions la situation de l'Etoile par rapport au Méridien, nous ne sçavons pas

encore celle du Soleil ; & c'est néanmoins cette dernière qui règle l'heure.

114. Il reste donc à comparer l'ascension droite des deux Astres. On cherchera l'ascension droite de l'Etoile, & celle du Soleil pour le tems de l'observation ; & on ôtera l'une de l'autre pour avoir la différence qu'on réduira en heures. Si l'ascension droite du Soleil est la plus grande, cet Astre sera plus vers l'Orient. L'Etoile répond, par exemple, au point de 8 heures 29 min. mais l'ascension droite du Soleil est plus grande que celle de l'Etoile de 105 deg. ou de 7 heures. Cet Astre sera donc moins avancé de cette quantité dans l'ordre des heures, & il ne sera alors que 1 heure 29 min. du matin. Si la différence des ascensions droites étoit de 135 deg. ou de 9 heures, & que celle du Soleil fût toujours plus grande, cet Astre seroit au-dessous de l'Horison de l'autre côté du Méridien ; il seroit 11 heures 29 min. du soir ; ce qu'on trouve en retranchant de 8 heures 29 min. ou de 20 heures 29 min. la différence en ascension droite 9 heures.

115. Supposé que l'ascension droite du Soleil fût moindre que celle de l'Etoile, le premier de ces deux Astres seroit plus vers l'Ouest, & on trouveroit avec la même facilité sa situation précise par rapport au Méridien. Si la différence des ascensions droites étoit de 195 degrez, ou de 13 heures, on compteroit cet intervalle selon l'ordre des heures, en commençant à l'Etoile que nous supposons toujours être en *R* ou en *T*, au point de 8 heures 29 min. & on reconnoîtroit que le Soleil est à celui de 21 heures 29 min. Ainsi il seroit alors 9 heures 29 min. du soir.

Moyen de découvrir l'Heure la Nuit par le Passage des Etoiles par le Méridien.

116. On se dispensera de faire une figure, si on se sert des Cartes du Ciel, & qu'on observe les Etoiles qui passent au Méridien. On s'assurera du tems de ce passa-

ge, en regardant sur une Bouffole les Etoiles qui répondent exactement au Nord ou au Sud, ou bien en considérant si elles se trouvent au-dessus ou au-dessous de l'Etoile polaire. On peut dans cette rencontre confondre l'Etoile polaire avec le Pole, & on pourra s'aider quelquefois d'un fil à plomb pour s'assurer si les Etoiles sont exactement au-dessus ou au-dessous de la Polaire.

117. Après qu'on aura reconnu les Etoiles qui passent actuellement au Méridien, on orientera la Carte selon l'état du Ciel. Il sera bon pour cela d'avoir des Cartes célestes, semblables à celles qui sont à la fin de ce Traité, mais qui soient collées à part sur des feuilles de carton. On mettra en haut dans ces Cartes, ce qui est en haut dans le Ciel, & vers l'Orient ce qui est vers l'Orient. On placera ensuite le Soleil selon son ascension droite, qu'on cherchera dans les tables du Livre précédent, ou qu'on trouvera à peu près sur la Carte céleste même. L'entrée du Soleil dans chaque signe y est marquée; & cet Astre, comme on le sçait, fait environ un degré par jour, dans l'ordre des signes. Ainsi on peut marquer à peu près le point de l'Ecliptique où est cet Astre. On verra à quel point de l'Equateur il répond, & ayant de cette sorte sa situation, par rapport à l'Etoile, ou par rapport au Méridien, il n'y aura plus qu'à compter les heures d'intervalle, en prenant comme à l'ordinaire, 15 degrés sur l'Equateur pour chaque heure, & un degré pour quatre minutes d'heure.

118. Supposons que l'observation se fasse le 30 Juin. On voit passer au Méridien *Arcturus*, qui est une Etoile de la première grandeur, dans le bas de la robe de Boûtes, & on demande l'heure qu'il est alors. Cette Etoile a environ 211 deg. d'ascension droite; on mettra en haut ce point de l'Equateur, pour donner à la Carte la situation convenable. D'un autre côté le Soleil entre en *Cancer* le 21 Juin, il doit le 30 être avancé dans ce signe d'environ 9 degrés; & ce point répond à peu près au 100 degré d'ascension droite. On peut considérer outre cela le
Soleil

Soleil comme s'il étoit sur l'Equateur même : car la déclinaison n'apporte aucun changement à la distance horaire d'un Astre au Méridien. On marquera, si l'on veut, dans la Carte, en y piquant des épingles, ces deux points de 211 degrez & de 100 d'ascension droite sur la circonférence de l'Equateur ; & on n'aura plus qu'à compter combien il y a d'heures depuis un de ces points jusqu'à l'autre. On trouvera 7 heures, & de plus 6 degrez qui valent 24 min. d'heure. Ainsi lorsqu'*Arcturus* passera au Méridien le 30 Juin, il sera 7 heures 24 min. du soir.

II 9. Au surplus on ne se sert de la Carte du Ciel que pour s'épargner un calcul qui est très-court : on peut, si l'on veut, prendre pour règle d'ôter toujours l'ascension droite du Soleil de celle de l'Etoile, & si cette dernière n'est pas assez grande, il n'y aura qu'à ajouter 360 degrez avant que de faire la soustraction. Le reste qu'on évaluera à 15 degrez par heure, donnera les heures-écoulées depuis midi ; puisque la quantité trouvée exprimera combien le Soleil a moins d'ascension droite que l'Etoile, ou combien il est plus vers l'Ouest. Supposé qu'on trouvât exactement 12 heures, ce seroit une marque que le Soleil est au Méridien sous la Terre, lorsque l'Etoile passe au Méridien au-dessus ; & s'il vient plus de 12 heures, le surplus sera des heures du matin. Une Etoile a, par exemple, 15 degrez d'Ascension droite, & le Soleil en a 130. Je remarque que 15 degrez est précisément la même chose, en fait d'Ascension droite, que 375 ; & si on retranche l'Ascension droite du Soleil de ce dernier nombre, il viendra 245 dont le Soleil est à l'Ouest, ou dont il est éloigné du Méridien, puisqu'on suppose que l'Etoile est alors sur ce cercle. Mais ces 245 degrez valent 16 heures 20 minutes, ce qui nous apprend que le Soleil est de 4^h. 20^m. au-delà de la moitié du Méridien qui est au-dessous de la Terre ; & qu'il est donc 4^h. 20^m. du matin, lorsque l'Etoile passe au Méridien.

V.

Méthode de trouver par le Calcul l'Heure du Lever & du Coucher du Soleil.

120. » Les résultats auxquels nous sommes parvenus
 » par le moyen d'une Figure, lorsqu'on connoît la hauteur
 » de l'Astre, sont donnés avec plus de précision par le
 » calcul. S'il s'agit de l'heure du lever ou du coucher du
 » Soleil, on n'a qu'à faire cette analogie : *le Sinus total est*
 » *à la Tangente de la déclinaison du Soleil, comme la Tan-*
 » *gente de la latitude est à un quatrième terme ; & on aura*
 » le Sinus de la quantité dont le Soleil se lève ou se cou-
 » che avant ou après 6 heures. C'est-à-dire, qu'on trou-
 » vera le Sinus de la valeur de DS , ou plutôt de KI ex-
 » primée en degrez.

121. » Supposé qu'on soit par 50 degrez 40 min. de
 » latitude, & que la déclinaison du Soleil soit de 15 deg.
 » 10 min. on aura pour les trois premiers termes de l'ana-
 » logie ou règle de Trois que nous venons d'indiquer,
 » les nombres suivans ; 100000.... 27107 & 122031, &
 » si on acheve la règle de Trois, il viendra presque 33080,
 » qui répond entre les Sinus, à 19^d. 19^m. qu'il faut con-
 » vertir en tems, & on aura une heure 17 min. 16 secon-
 » des pour la quantité dont le Soleil se lève avant ou après
 » six heures. Supposé qu'on soit en Eté, le Soleil se levera
 » avant six heures, & on aura 4 heures 42 min. 44 sec. au
 » lieu qu'il viendra 7 heures 17 min. 16 sec. si l'on est en
 » Hyver.

122. » Lorsqu'on exécutera la même chose par les Lo-
 » garithmes, on aura les 3 nombres suivans 10.0000000....
 » 9.4200073..... & 10.0864709. Il faudra, comme on
 » le sçait, faire une somme des deux derniers, & en ôter
 » le premier. On aura 9.5195513 qui parmi les Logarith-
 » mes Sinus répond à 19 deg. 19 min. valeur de 1 heure
 » 17 min. 16 sec. comme ci-dessus.

VI.

*Trouver par le Calcul l'Heure qu'il est ,
lorsque le Soleil a une certaine hauteur.*

123. Lorsque le Soleil, au lieu d'être à l'Horison, « est élevé d'une hauteur connue, le calcul, pour trou-
ver l'heure, est un peu plus long; mais l'opération est « susceptible de la plus grande exactitude, pourvû qu'on « ne néglige rien. Une attention qui est nécessaire, c'est « de ne pas faire l'observation de la hauteur, lorsque le « Soleil est trop bas, parce que les réfractions astrono-
miques se trouvant alors trop irrégulières, peuvent al-
térer l'observation d'une quantité qu'on ne connoisse « pas. Il ne faut pas non plus attendre que le Soleil soit « trop voisin du Méridien, parce que sa hauteur, comme « nous l'avons déjà dit, ne change pas alors d'une manière « assez sensible. La circonstance la plus favorable, eu égard « à ce dernier inconvénient, c'est de saisir l'Astre, au-
tant qu'on le peut, lorsqu'il est aux environs du premier « Vertical, ou lorsqu'il est au-dessus du point précis de « l'Orient ou de l'Occident. »

124. La hauteur du Soleil ayant été observée, on en « prendra le complément, qu'on joindra avec le complé-
ment de la hauteur polaire, & la distance du Soleil au « Pole élevé. Si l'Astre est du côté du Pole élevé, il fau-
dra ôter de 90 degrez sa déclinaison; mais s'il étoit du « côté du Pole abaissé, il faudroit ajouter sa déclinaison à « 90 degrez, & ce seroit cette distance qu'on ajouteroit « avec les deux autres complémens. »

125. Les trois quantités dont il s'agit, sont les trois « côtés d'un triangle formé dans le Ciel, dont les pointes « des trois angles sont au Zénith, au Soleil & au Pole. « Ce triangle est du nombre de ceux qu'on nomme *Sphé-*

» *riques*, parce qu'il est formé sur la surface d'une Sphère
 » par trois arcs de grands cercles. Un de ses côtés est
 » l'arc du Méridien compris entre le Pole & le Zénith,
 » l'autre est la portion du Vertical compris entre l'Astre
 » & le Zénith, & le troisième est la partie du cercle ho-
 » raire qui s'étend depuis le Pole jusqu'à l'Astre. Ayant
 » ajouté ensemble ces trois côtés, on prend la moitié de
 » leur somme, & on en ôte séparément les deux côtés qui
 » comprennent l'angle dont la pointe est au Pole. C'est-à-
 » dire, qu'on ôtera d'une part le complément de la hau-
 » teur polaire, & de l'autre la distance du Soleil au Pole
 » élevé. On obtiendra de cette sorte deux restes ou deux
 » différences.

I 26. On fera ensuite le reste de l'opération par les Lo-
 » garithmes. On fera une somme des Logarithmes-Sinus
 » des deux différences, & on y joindra les complémens
 » arithmétiques des Logarithmes-Sinus des deux quan-
 » tités qu'on a soustraites pour avoir les différences. On
 » nomme le Complément arithmétique d'un Logarith-
 » me, son défaut à 10.0000000. L'addition étant faite,
 » on prend la moitié de la somme, & on cherche cette
 » moitié dans les Logarithmes-Sinus. Il vient un nombre
 » de degrez qu'il faut doubler, & on a la distance horaire
 » du Soleil au Méridien, ou l'angle qui dans le triangle
 » dont nous avons parlé, se termine au Pole. On a cet an-
 » gle en degrez, & on l'évalue en heures.

I 27. » *Exemple.* On est par 50 degrez de latitude; la dé-
 » clinaison du Soleil est de 15 deg. vers le Pole qui est éle-
 » vé, & on a observé la hauteur du Soleil de 35 degrez.
 » On demande quelle heure il étoit dans l'instant de l'ob-
 » servation ?

I 28. » La distance du Pole au Zénith est de 40 de-
 » grez, complément de la hauteur polaire ou de la lati-
 » tude; la distance du Soleil au Pole est de 75 degrez,
 » complément de la déclinaison, & la distance du Soleil
 » au Zénith est de 55 degrez, complément de la hau-

teur de cet Astre. Je fais une somme de ces trois quantités 40 deg. 75 deg. & 55; « je trouve 170, & de la moitié 85 deg. j'ôte séparément « les deux premiers nombres « 40 deg. & 75, ce qui me « donne 45 deg. & 10 deg.

129. Je fais ensuite une « somme des quatre nombres « suivans; les Logarithmes-Sinus des deux différences 45^d. « & 10 deg. & les compléments arithmétiques des Logarithmes-Sinus de 40^d. & « de 75^d. Pour avoir ces compléments arithmétiques, je « prends les restes à 10.000000;

ce qu'on peut faire même en transcrivant ces nombres. « La moitié de la somme du tout est 9.6480719 qui répond dans la Table des Logarithmes-Sinus à un peu plus « de 26 deg. 24 min. & doublant cet arc il me vient « 52 deg. 49 min. pour la distance horaire du Soleil au « Méridien, ou pour la valeur de l'arc *TF* dans la *Figure* « 72. Enfin on réduit cette distance en heure, & il vient « 3 heures 31 min. 16 sec. Ainsi si l'observation a été faite « le soir, on devoit compter déjà 3 heures 31 min. 16 sec. « depuis midi; & si l'observation a été faite le matin, il « étoit 8 heures 28 min. 44 sec. «

130. *Second Exemple.* On est par 30 deg. 10 min. de « latitude méridionale, lorsque la déclinaison du Soleil « est de 20 deg. 6 min. septentrionale: on observe la hauteur de cet Astre, & on la trouve de 10 deg. 28 min. On « demande quelle heure il est dans cet instant?

131. Le complément de la latitude est de 59 deg. « 50 min. la distance du Soleil au Pole élevé est de 110^d. « 6 min. puisque l'Astre est du côté du Nord, & qu'on est «

40 deg.	Distance du Pole au Zénith.
75 deg.	Distance du Soleil au Pole.
55 deg.	Distance du Soleil au Zénith.

170 deg.	
85 deg.	
40 deg.	Distance du Pole au Zénith.
45 deg.	Première différence.

85 deg.	
75 deg.	Distance du Soleil au Pole.
10 deg.	Seconde différence.

9.8494850	Log. Sin. de la 1. différence.
9.2396702	Log. Sin. de la 2. différence.
1919325	Comp. arith. du Log. Sinus de 40 deg.
0150562	Comp. arith. du Log. Sinus de 75 deg.

19.2961439	
9.6480719	Log. Sin. de 26 d. 24 m.
	26 24

52 d. 49 m.
valeur de

3 heure. 31 min. 16 sec.

» par une latitude méridionale; la distance du Soleil au Zé-
 » nith est de 79 deg. 32 min. la somme de ces trois quan-
 » tités est 249 deg. 28 min. & si de la moitié de cette
 » somme on ôte séparément les deux premiers nombres,
 » on aura les deux différences 64 deg. 54 min. & 14 deg.
 » 38 min.

I 32. » Je fais ensuite une somme
 » des Logarithmes-Sinus des deux dif-
 » férences & des deux complémens
 » arithmétiques des Log. Sin. de 59^d.
 » 50 min. & de 110 deg. 6 min. Ce
 » dernier nombre ne se trouve pas dans
 » les Tables; mais on cherche à sa
 » place le reste à 180 deg. il vient 69^d.

» 54 min. & c'est du Log. Sinus de ce dernier arc dont on
 » prend le complément arithmétique. La moitié de la
 » somme, lorsqu'on la cherche dans les Logarithmes-Si-
 » nus, répond à 32 deg. 4 min. & si on en prend le dou-
 » ble, il vient 64 deg. 8 min. valeur de 4 heures 16 min.
 » 32 sec. pour la distance horaire du Soleil au Méridien.
 » Ainsi lorsqu'on a fait l'observation, il étoit 4 heures 16^m.
 » 32 sec. après midi ou avant midi. Si la hauteur du So-
 » leil a été prise le matin, il étoit 7 heures 43 min. 28 sec.
 » & supposé que les Horloges marquassent alors 7 heures
 » 40 min. ce seroit une marque qu'elles retardoient de 3^m.
 » 28 sec.

9.9569215	
9.4024889	
632012	
272908	
<hr/>	
19.4499024	
9.7249512	Log. Sinus
de 32 d. 4 m.	
32	4
<hr/>	
64 d. 8 m.	
valeur de	
4 h. 16 m. 32 sec.	

V I I.

*Moyen de suppléer par l'Echelle des Lo-
 garithmes à la partie du Calcul précédent
 qu'on fait par les Tables des Logarithmes.*

I 33. » On réduit les Logarithmes en Echelles qu'on
 » grave ordinairement sur des règles de buis, & toutes les
 » opérations qu'on fait par ces nombres, se peuvent imi-
 » ter sur ces règles. Nous avons tracé de ces échelles au bas

d'une des Cartes qui sont à la fin de ce Traité : on peut « les séparer de la Carte, & les coller à part sur une règle « ou sur un morceau de carton. On s'en servira toutes les « fois qu'il n'importera pas de découvrir l'heure avec une « très-grande exactitude. On fera, comme ci-devant, une « somme des trois côtés du triangle que nous avons confi- « déré dans le Ciel : on prendra la moitié de cette somme, « & on en ôtera successivement les deux côtés qui com- « prennent l'angle au Pole ; ce qui donnera les deux diffé- « rences. On les comptera sur l'Echelle des Logarithmes- « Sinus, c'est-à-dire, sur la seconde des trois qu'on voit « au bas de la Carte, & on cherchera avec un compas le « point précis du milieu. S'il s'agit du premier exemple « que nous nous sommes proposé N°. 127. nous avons eu « 45 deg. & 10 deg. pour les deux différences, & on trou- « vera que le point du milieu sur l'Echelle des Logarith- « mes-Sinus est à très-peu près $20\frac{1}{2}$ degrez, qui marquent « déjà la moitié de la somme des deux premiers Logarith- « mes-Sinus. «

134. On cherchera de même le point du milieu sur l'E- « chelle entre le complément de la hauteur polaire & la « distance de l'Astre au Pole élevé. On trouvera dans cet « exemple à peu près 52 deg. pour ce point ; on en pren- « dra avec le compas la distance jusqu'à l'extrémité de l'E- « chelle, ou jusqu'à 90 deg. pour avoir le complément « arithmétique. Enfin on transportera le compas sans en « changer l'ouverture ; & mettant une de ses pointes sur le « premier point de milieu (sur $20\frac{1}{2}$ deg. pour l'Exemple « proposé,) l'autre pointe qui sera vers la droite, nous mar- « quera un nombre de degrez qu'il n'y aura qu'à doubler, « & on aura l'angle horaire. Le nombre marqué sera ici « $26\frac{1}{2}$ deg. dont le double est 53 deg. qui valent 3 heures « 32 min. pour la distance du Soleil au Méridien ; ce qui « ne diffère pas d'une minute entière de ce que nous « avons trouvé par le calcul. «

135. Ce sera la même chose si on a observé la hau- «

» teur d'une Etoile ou d'une Planète pendant la nuit; on
 » trouvera par la Méthode précédente combien l'Etoile
 » est éloignée du Méridien : mais cela ne suffira pas ; il
 » faudra, comme nous l'avons fait ci-devant, voir de com-
 » bien est la différence des ascensions droites réduites
 » en heures, ou la quantité dont le Soleil est plus vers
 » l'Orient ou vers l'Occident que l'Etoile ; & déterminer
 » dans quel autre cercle horaire est alors le Soleil. Nous
 » pourrions nous dispenser de répéter que l'ascension droi-
 » te du Soleil dont on doit se servir, n'est pas celle qu'a
 » l'Astre lorsqu'il est midi, mais celle qu'il a au tems de
 » l'observation. Supposé qu'on eût cherché l'ascension
 » droite pour une heure trop différente de la vraie, il n'y
 » auroit qu'à commencer une seconde fois la dernière
 » partie du calcul, ayant égard à la différence des heures
 » & à la différence des Méridiens. »

V I I I.

*Méthode de régler les Montres ou Horloges
 par les Hauteurs correspondantes du
 Soleil prises le matin & le soir.*

136. Voici un autre moyen qu'on trouvera peut-être plus simple, de régler les Horloges ou Montres, ou de connoître leur état. On n'a le matin, lorsque le Soleil est à peu près à une hauteur moyenne entre l'Horison & le Méridien, & lorsqu'il est aux environs du premier vertical, s'il est possible, qu'à observer sa hauteur, & marquer l'instant précis de l'observation. Le soir on attendra que le Soleil soit descendu exactement à la même hauteur ; on l'observera, & il faudra encore remarquer avec soin l'instant de cette seconde observation. Il n'importe guère de combien soient ces hauteurs, pourvu qu'elles soient égales ; le nouvel Octans Anglois mettra le Pilote en état de bien s'assurer de cette égalité ; mais il suffira après tout de
 fe

se servir de l'Arbalestrille. Les deux hauteurs étant parfaitement égales, l'Astre sera également éloigné du Méridien dans un cas que dans l'autre ; & les deux observations seront exactement correspondantes. Ainsi il n'y aura qu'à prendre le milieu des deux instans, & on aura l'heure que marquoit l'Horloge, lorsqu'il étoit précisément midi.

137. Supposé qu'il fût 9 heures 45 min. à la Montre, lorsqu'on a observé la hauteur du Soleil le matin, & qu'il fût 2 heures 23 min. 30'', le soir dans l'instant qu'on a trouvé l'Astre à la même hauteur du côté de l'Occident, on considérera que 2 heures 23 min. 30'' du soir est la même chose que 14 heures 23 min. 30'', comptées depuis minuit. On ajoutera ce dernier nombre avec 9 heures 45 min. du matin ; il viendra 24 heures 8 min. 30'', & prenant la moitié de la somme, on aura 12 heures 4 min. 15'', pour l'heure que marquoit la Montre à midi.

138. On fera la même chose le lendemain, en prenant le matin & le soir, des hauteurs correspondantes plus grandes ou plus petites, si l'on veut, que celles du jour précédent, mais qui soient égales entre elles : & si on trouve que la Montre marque également 12 heures 4 min. 15'' à midi, on en conclura qu'elle suit exactement le mouvement du Soleil à l'égard de l'Observateur, mais qu'elle est toujours de 4 min. 15 sec. trop avancée. Si au lieu de trouver 12 heures 4 min. 15'', on trouvoit 12 heures 6 min. 45'', la révolution de l'Horloge ne s'accorderoit pas avec le retour des midis, il faudroit regarder les 2 min. 30'', dont elle avanceroit de plus, comme un excès survenu dans le cours des 24 heures ; ce qui donneroit 1 min. 15'' en 12 heures, & le reste à proportion. Il faudra toujours avoir égard aux secondes dans les calculs, afin de voir les quantités qu'elles produisent à la fin de tout. Supposé que la Montre dont on se servit ne marquât pas les secondes, on les estimeroit à peu près, en partageant à la vue l'espace de la minute.

139. Je me suis servi plusieurs fois en Mer de cette méthode; je vais, par forme d'exemple, rapporter une des applications que j'en ai faites en traversant notre Océan, pour aller au Pérou. Le 12 Juin 1735, au lieu de ne prendre avec l'Océans Anglois qu'une seule hauteur du Soleil le matin, j'en pris cinq, afin qu'elles se confirmassent réciproquement. Je les faisois se surpasser les unes les autres de 40 min. la première étoit de 44 deg. 40 min. que je pris lorsqu'il étoit 9 heures 7 min. 23'' à ma Montre. On a encore souvent un motif pour multiplier ces sortes d'observations: le Ciel peut, en se couvrant de nuages, empêcher qu'on n'ait le soir les correspondantes de toutes celles qu'on a observées le matin; & lorsqu'on en a plusieurs, les unes peuvent suppléer aux autres.

140. On voit bien que les plus grandes hauteurs se présentent à l'Observateur les premières le soir. Le Soleil eut 47 deg. 40 min. à 3 heures 32 min. 57''; mais j'écrivis 15 heures 32 min. 57'', en ajoutant 12 heures: les autres hauteurs suivirent; & la dernière fut observée à 3 heures 44 min. 32'', que j'écrivis 15 heures 44 min. 32''. J'ai marqué ci-dessous les instans des observations de suite, & de haut en bas dans la première colonne pour le matin; au lieu que le soir il a fallu les écrire de bas en haut.

Le Matin.			Hauteurs du centre du Soleil.		Le Soir.			Midis.		
Heur.	Min.	Second.	Degrez.	Minutes.	Heures.	Minutes.	Second.	Heures.	Minutes.	Second.
9	7	23	44	40	15	44	32	12	25	57 $\frac{1}{2}$
9	10	37	45	20	15	41	27	12	26	2
9	13	32	46	20	15	38	39	12	26	5 $\frac{1}{2}$
9	16	21	47	0	15	35	54	12	26	7 $\frac{1}{2}$
9	19	18	47	40	15	32	57	12	26	7 $\frac{1}{2}$

141. Chaque observation du matin ayant eu sa correspondance le soir, je pus en conclure, en les considérant deux à deux, l'heure que marquoit ma Montre, lorsqu'il

étoit exactement midi ; & on verra que les cinq résultats ne diffèrent guère les uns des autres. J'ajoutai d'abord 9 heures 7 min. 23'' avec 15 heures 44 min. 32'' ; il me vint 24 heures 51 min. 55'' , dont je pris la moitié 12 heures 25 min. 57½'' ; ce qui m'apprit que ma Montre ne marquoit pas exactement le midi avec le Soleil , mais qu'elle avançoit de 25 min. 57½''. Si on s'en rapporte aux autres observations correspondantes , elle avançoit encore un peu davantage. On peut , si l'on veut , chercher la quantité moyenne pour s'y arrêter. Il n'y a qu'à ajouter ensemble les cinq différens résultats , & prendre la cinquième partie de leur somme : on prendroit la sixième partie , si l'on avoit six résultats. Il viendra presque 26^m. 4'' pour la quantité dont la Montre avançoit à midi.

142. « La méthode précédente de trouver le midi » n'auroit besoin d'aucune correction , si le Soleil , lors- » qu'il revient à sa même hauteur le soir , avoit précisé- » ment la même déclinaison que le matin. Mais l'Astre » changeant de place , par rapport à l'Equateur , les cir- » constances ne sont pas absolument les mêmes vers l'Oc- » cident que vers l'Orient , & il faut avoir égard au chan- » gement. On trouvera dans le Livre de la Connoissance » des tems , que l'Académie des Sciences fait publier cha- » que année , des Tables auxquelles on pourra avoir re- » cours. Lorsque je pris les hauteurs que je viens de rap- » porter , nous avions déjà passé le Tropique , & nous » n'étions guère éloignés de l'Equateur que de 20 degrez. » La Table qui convient à cette latitude dans la Con- » noissance des Tems , est à la page 86. Si on la consulte » en cherchant en haut , 6 heures & demie , qui est à peu » près l'intervalle qu'il y eut entre les observations du » soir & du matin , & qu'on s'arrête en même tems vis- » à-vis de 23 degrez , qui étoit à peu près la déclinaison » qu'avoit alors le Soleil , on verra que dans ce cas parti- » culier , il n'y avoit aucune correction à faire au midi » pour le changement en déclinaison. »

143. » Si j'avois mis un plus grand intervalle entre
 » les observations, comme 9 heures, par exemple, il
 » m'eût fallu ensuite ôter 1 sec. du midi trouvé ci-devant.
 » On ajoute la correction qu'indique la Table, lorsque le
 » Soleil est dans les signes descendans, c'est-à-dire, lors-
 » qu'il avance vers le Pole abaissé; & on la retranche au-
 » contraire, lorsque le Soleil se trouve dans les signes
 » ascendans, ou lorsqu'il s'approche du Pole élevé. C'est
 » ce second cas qui avoit lieu; le Soleil s'approchoit du
 » Pole du Nord le 12 de Juin: ainsi en supposant 9 heures
 » d'intervalle entre mes observations, ma Montre, au lieu
 » de marquer 12 heures 25 min. 4'' à midi, eût marqué
 » 12 heures 25 min. 3''.

144. » La correction devient beaucoup plus forte, lors-
 » que l'Observateur est par une grande latitude, & lors-
 » qu'au contraire le Soleil a peu de déclinaison. Nous
 » avons trouvé dans le premier Exemple que nous nous
 » sommes proposé N°. 137. que notre Horloge avançoit de
 » 4 min. 15'' : mais si nous supposons que cette observa-
 » tion a été faite le 30 Mars 1752 par 60 degrez de lati-
 » tude Sud, il faudra faire un changement assez considé-
 » rable au midi trouvé, quoique l'intervalle entre les ob-
 » servations n'ait pas été de 4 heures 3 quarts. On con-
 » sultera la Table de la page 90 de la Connoissance des
 » Tems, qui est pour 60 degrez de latitude; la déclinaison
 » le 30 Mars 1752, étoit d'environ 4 degrez Nord, & si
 » on cherche vis-à-vis de ce nombre & au-dessous de 4^h.
 » & demie, on trouvera $28\frac{1}{2}''$ ou $28\frac{3}{4}''$ pour la corre-
 » ction requise.

145. » Il faut bien remarquer que nous ne devons pas
 » nous borner dans la Marine aux titres de déclinaisons
 » Septentrionales & Méridionales marqués dans les Ta-
 » bles dont nous nous servons ici: il faut que nous distin-
 » guions les déclinaisons selon qu'elles sont du côté du
 » Pole élevé, ou du Pole abaissé. S'il s'agit ici toujours
 » du même exemple, pour le 30 Mars 1752, la déclinaison

naïson étoit Nord , & l'Observateur étoit par une lati-
tude Sud ; le Soleil étoit donc du côté du Pole abaissé ;
ce qui est équivalent à une déclinaison Méridionale pour
ces Pays-ci. Outre cela le Soleil avançoit vers le Pole
du Nord qui étoit abaissé ; ainsi il étoit dans un signe
descendant pour notre Observateur, il faut donc ajouter
les $28 \frac{1}{2}''$: & il suit de-là que l'Horloge , au lieu de mar-
quer 12 heures 4 min. $15''$, lorsqu'il étoit précisément
midi , marquoit 12 heures 4 min. $43 \frac{1}{2}''$, ou qu'elle avan-
çoit de 4 min. $43 \frac{1}{2}''$.



146. *TABLE du Lever & du Coucher du Soleil.*

DECLINAISONS.

Degrez.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.
2	6 0	6 0	6 0	6 0	5 59	5 59	5 59	5 59	5 58	5 58	5 58	5 58
4	6 0	5 59	5 59	5 58	5 58	5 58	5 57	5 57	5 56	5 56	5 56	5 56
6	6 0	5 59	5 59	5 58	5 58	5 57	5 56	5 56	5 55	5 55	5 55	5 54
8	5 59	5 58	5 58	5 57	5 57	5 56	5 56	5 55	5 54	5 54	5 53	5 52
10	5 59	5 58	5 58	5 57	5 56	5 55	5 55	5 54	5 53	5 53	5 51	5 51
12	5 59	5 58	5 57	5 56	5 55	5 54	5 54	5 53	5 52	5 52	5 50	5 49
14	5 59	5 57	5 57	5 55	5 55	5 53	5 53	5 52	5 51	5 50	5 49	5 48
16	5 58	5 57	5 56	5 55	5 54	5 53	5 52	5 51	5 49	5 48	5 47	5 46
18	5 58	5 57	5 56	5 54	5 53	5 52	5 51	5 49	5 47	5 46	5 45	5 44
20	5 58	5 56	5 56	5 53	5 53	5 51	5 50	5 48	5 46	5 45	5 43	5 42
22	5 58	5 56	5 55	5 53	5 52	5 50	5 48	5 47	5 45	5 43	5 41	5 40
24	5 58	5 56	5 55	5 52	5 51	5 49	5 47	5 45	5 43	5 41	5 39	5 38
26	5 58	5 56	5 54	5 51	5 50	5 48	5 46	5 44	5 42	5 40	5 37	5 36
28	5 58	5 55	5 54	5 51	5 49	5 47	5 45	5 42	5 40	5 38	5 36	5 34
30	5 57	5 55	5 53	5 50	5 48	5 46	5 43	5 41	5 39	5 37	5 35	5 32
31	5 57	5 55	5 53	5 50	5 48	5 45	5 42	5 40	5 38	5 36	5 34	5 31
32	5 57	5 55	5 53	5 49	5 47	5 45	5 42	5 40	5 37	5 35	5 33	5 29
33	5 57	5 55	5 52	5 49	5 46	5 44	5 41	5 38	5 36	5 34	5 31	5 27
34	5 57	5 54	5 52	5 48	5 46	5 43	5 40	5 37	5 35	5 33	5 30	5 26
35	5 57	5 54	5 51	5 48	5 45	5 42	5 39	5 36	5 34	5 31	5 29	5 24
36	5 57	5 54	5 51	5 48	5 45	5 42	5 39	5 36	5 33	5 30	5 28	5 23
37	5 57	5 54	5 51	5 47	5 44	5 41	5 38	5 35	5 32	5 29	5 26	5 22
38	5 57	5 54	5 50	5 47	5 44	5 41	5 38	5 34	5 31	5 28	5 25	5 21
39	5 57	5 53	5 50	5 46	5 43	5 40	5 37	5 34	5 30	5 27	5 24	5 20
40	5 57	5 53	5 50	5 46	5 43	5 40	5 37	5 33	5 29	5 26	5 23	5 19
41	5 56	5 53	5 49	5 45	5 42	5 39	5 36	5 32	5 28	5 25	5 22	5 18
42	5 56	5 52	5 49	5 45	5 42	5 38	5 35	5 31	5 27	5 23	5 20	5 16
43	5 56	5 52	5 48	5 44	5 41	5 37	5 34	5 30	5 26	5 22	5 19	5 15
44	5 56	5 52	5 48	5 44	5 40	5 36	5 33	5 29	5 25	5 21	5 17	5 13
45	5 56	5 52	5 48	5 44	5 40	5 35	5 31	5 27	5 23	5 19	5 15	5 11
46	5 56	5 52	5 47	5 43	5 39	5 34	5 30	5 26	5 22	5 18	5 14	5 10
47	5 56	5 51	5 47	5 42	5 38	5 33	5 29	5 25	5 20	5 16	5 12	5 8
48	5 56	5 51	5 46	5 42	5 37	5 32	5 28	5 24	5 19	5 15	5 10	5 6
49	5 55	5 50	5 46	5 41	5 37	5 32	5 27	5 22	5 17	5 13	5 8	5 4
50	5 55	5 50	5 45	5 41	5 36	5 31	5 26	5 21	5 16	5 11	5 6	5 2
51	5 55	5 50	5 45	5 40	5 35	5 30	5 25	5 20	5 15	5 10	5 5	5 0
52	5 55	5 49	5 44	5 40	5 34	5 29	5 24	5 19	5 14	5 8	5 3	4 58
53	5 54	5 49	5 44	5 39	5 33	5 28	5 23	5 17	5 12	5 6	5 1	4 55
54	5 54	5 48	5 43	5 38	5 32	5 26	5 21	5 16	5 10	5 4	4 58	4 52
55	5 54	5 48	5 42	5 37	5 31	5 25	5 20	5 14	5 8	5 2	4 56	4 50
56	5 54	5 48	5 42	5 36	5 30	5 24	5 18	5 12	5 6	4 59	4 53	4 47
57	5 53	5 47	5 41	5 35	5 29	5 23	5 17	5 10	5 4	4 57	4 51	4 44
58	5 53	5 47	5 40	5 34	5 28	5 22	5 15	5 8	5 1	4 54	4 48	4 41
59	5 53	5 46	5 39	5 32	5 26	5 20	5 13	5 6	4 59	4 51	4 45	4 38
60	5 53	5 46	5 39	5 32	5 25	5 18	5 10	5 3	4 56	4 49	4 41	4 33

HAUTEURS POLAIRES.

TABLE du Lever & du Coucher du Soleil.

DECLINAISONS.

HAUTEURS POLAIRES.

Degrez.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23 ¹
	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.	H. M.
2	5 58	5 58	5 58	5 58	5 57	5 57	5 57	5 57	5 57	5 57	5 57	5 57
4	5 56	5 56	5 56	5 56	5 55	5 55	5 55	5 54	5 54	5 54	5 53	5 53
6	5 54	5 54	5 54	5 53	5 52	5 52	5 52	5 51	5 51	5 51	5 50	5 50
8	5 52	5 52	5 52	5 51	5 50	5 49	5 49	5 48	5 48	5 48	5 46	5 46
10	5 50	5 49	5 49	5 48	5 47	5 46	5 46	5 45	5 44	5 44	5 43	5 42
12	5 48	5 47	5 47	5 46	5 45	5 44	5 43	5 42	5 41	5 40	5 39	5 39
14	5 46	5 45	5 45	5 44	5 43	5 41	5 40	5 39	5 38	5 37	5 36	5 36
16	5 44	5 43	5 43	5 42	5 40	5 39	5 37	5 36	5 35	5 33	5 32	5 32
18	5 42	5 41	5 41	5 40	5 38	5 36	5 34	5 33	5 32	5 30	5 28	5 28
20	5 40	5 39	5 38	5 37	5 35	5 34	5 32	5 30	5 28	5 26	5 24	5 24
22	5 38	5 36	5 35	5 34	5 32	5 31	5 29	5 26	5 24	5 22	5 20	5 19
24	5 36	5 34	5 33	5 31	5 29	5 27	5 25	5 23	5 20	5 17	5 16	5 15
26	5 34	5 32	5 30	5 28	5 26	5 23	5 22	5 19	5 16	5 13	5 12	5 11
28	5 32	5 30	5 27	5 25	5 23	5 20	5 18	5 16	5 12	5 9	5 8	5 6
30	5 30	5 27	5 24	5 22	5 19	5 16	5 14	5 11	5 8	5 5	5 3	5 2
31	5 29	5 25	5 22	5 20	5 17	5 14	5 12	5 10	5 8	5 4	5 0	4 59
32	5 27	5 24	5 20	5 18	5 15	5 12	5 10	5 8	5 4	5 0	4 59	4 57
33	5 26	5 22	5 19	5 16	5 13	5 10	5 8	5 6	5 2	4 58	4 56	4 54
34	5 24	5 21	5 17	5 15	5 12	5 9	5 6	5 4	5 0	4 56	4 54	4 51
35	5 22	5 19	5 16	5 13	5 10	5 7	5 4	5 2	4 58	4 54	4 51	4 49
36	5 21	5 18	5 14	5 11	5 8	5 5	5 2	4 59	4 55	4 52	4 49	4 46
37	5 19	5 17	5 13	5 10	5 6	5 3	5 0	4 56	4 53	4 49	4 46	4 43
38	5 18	5 15	5 11	5 8	5 4	5 1	4 58	4 54	4 50	4 47	4 43	4 40
39	5 16	5 13	5 10	5 6	5 3	4 59	4 56	4 51	4 48	4 44	4 40	4 37
40	5 15	5 12	5 8	5 5	5 1	4 57	4 53	4 49	4 45	4 41	4 37	4 34
41	5 13	5 10	5 6	5 3	4 59	4 55	4 51	4 46	4 42	4 38	4 34	4 30
42	5 12	5 8	5 4	5 1	4 57	4 52	4 48	4 43	4 39	4 34	4 30	4 27
43	5 10	5 7	5 2	4 59	4 54	4 49	4 45	4 40	4 36	4 31	4 27	4 23
44	5 8	5 5	5 0	4 57	4 52	4 46	4 42	4 36	4 33	4 27	4 23	4 20
45	5 6	5 3	4 58	4 54	4 50	4 43	4 39	4 33	4 30	4 24	4 20	4 17
46	5 4	5 1	4 56	4 52	4 47	4 41	4 36	4 30	4 26	4 20	4 16	4 13
47	5 2	4 59	4 53	4 49	4 44	4 38	4 33	4 27	4 23	4 17	4 12	4 9
48	5 1	4 57	4 51	4 46	4 41	4 35	4 30	4 23	4 19	4 13	4 7	4 5
49	4 59	4 55	4 48	4 43	4 38	4 32	4 27	4 20	4 15	4 9	4 3	4 0
50	4 57	4 52	4 46	4 40	4 35	4 29	4 23	4 17	4 11	4 5	3 58	3 55
51	4 55	4 50	4 43	4 37	4 31	4 25	4 19	4 13	4 7	4 0	3 53	3 50
52	4 52	4 47	4 39	4 33	4 28	4 22	4 15	4 9	4 2	3 56	3 48	3 45
53	4 50	4 43	4 35	4 30	4 24	4 18	4 11	4 4	3 58	3 51	3 43	3 39
54	4 47	4 40	4 32	4 26	4 20	4 14	4 6	3 59	3 53	3 46	3 37	3 33
55	4 44	4 36	4 29	4 22	4 16	4 9	4 1	3 54	3 47	3 40	3 31	3 27
56	4 40	4 33	4 26	4 18	4 12	4 5	3 56	3 49	3 41	3 33	3 24	3 20
57	4 37	4 29	4 22	4 13	4 8	4 0	3 51	3 43	3 35	3 26	3 16	3 12
58	4 33	4 25	4 18	4 9	4 3	3 54	3 46	3 37	3 28	3 18	3 8	3 4
59	4 29	4 21	4 14	4 5	3 58	3 48	3 40	3 31	3 21	3 11	2 59	2 54
60	4 25	4 17	4 9	4 0	3 51	3 42	3 33	3 24	3 14	3 3	2 51	2 45

CHAPITRE VI.

*Trouver l'Amplitude ou la Distance du
Lever & du Coucher du Soleil au vrai
point de l'Orient & de l'Occident.*

I.

147. **N**OUS avons vû dans le second Livre combien il nous étoit important de connoître la vraie amplitude; celle qui est la distance du lever ou du coucher de l'Astre au vrai point de l'Orient ou de l'Occident. On la trouvera par le moyen d'une Table que nous mettrons à la suite de ce Chapitre: il suffira qu'on connoisse la hauteur polaire & la déclinaison de l'Astre. Si on est, par exemple, par 58 degrez de latitude, & qu'un Astre ait 22 degrez de déclinaison, on verra dans cette Table que l'amplitude est de 44 deg. 59 min. Elle est, comme on le sçait, du même côté que la déclinaison. Ainsi elle est Nord pour le Soleil, depuis le 20 Mars jusqu'au 22 Septembre; & Sud depuis le 22 Septembre jusqu'au 20 Mars. Si l'Astre est du côté du Nord, & qu'on laisse subsister les autres suppositions que nous venons de faire, le Soleil se levera presque au NE, & se couchera presque au NO; non pas à ces rumbs de vent pris sur la boussole, mais aux vrais rumbs de vent, considérés par rapport aux Régions du Monde.

148. On doit remarquer outre cela que l'amplitude vraie que nous trouvons, ne convient pas à l'instant auquel le Soleil, à son lever ou à son coucher, paroît comme coupé par la moitié par l'Horison: l'Astre est alors réellement trop bas, & on ne le voit que par l'effet de la réfraction, qui courbe les rayons de lumiere. L'amplitude
tant

tant ortive qu'occasse que donnent nos Tables, est celle qu'a le Soleil, lorsque son centre paroît élevé au-dessus de l'Horison, d'environ le diamètre de l'Astre. C'est alors que le Soleil est effectivement dans l'Horison; & c'est donc dans ce même tems qu'il est à propos de l'observer, pour voir si l'amplitude qu'on trouve sur le compas de variation convient avec la vraie amplitude, qui est donnée par le calcul.

149. Si l'on ne se propose pas d'avoir l'amplitude avec une extrême précision, on peut se servir de la Figure 72. Le parallèle FG que décrit l'Astre ayant été tiré & cette ligne coupant l'Horison en S , l'intervalle CS tient lieu de l'amplitude : car le point C répond au vrai Est ou au vrai Ouest, & le point S répond au lever ou au coucher de l'Astre. Il faudra élever de ces deux points deux perpendiculaires CB & SX à l'Horison HO , elles viendront se rendre en B & en X , elles donneront l'arc BX pour l'amplitude, & il n'y aura qu'à le mesurer, pour voir de combien de degrez il est. Si on éleve par la pensée le demi cercle HBO , de maniere qu'il devienne perpendiculaire au plan du Méridien, ce demi-cercle prendra la place de l'Horison, le point B deviendra le vrai Est, le point X celui du lever, & BX sera donc réellement l'amplitude.

II.

Trouver l'Amplitude vraie par le Calcul.

150. Si l'on veut trouver l'amplitude par le calcul, il suffit de faire l'une ou l'autre de ces deux analogies : *Le sinus complément de la hauteur du Pole est au sinus de la déclinaison, comme le sinus total est au sinus de l'amplitude ; ou bien, Le sinus total est au sinus de la déclinaison, comme la sécante de la hauteur polaire est au sinus de l'amplitude.*

151. Supposé qu'on soit par 58 deg. de hauteur polaire, & que la déclinaison du Soleil soit de 22 degrez, les trois premiers termes de la seconde analogie seront

100000 . . . 37461 . . . & 188708 ; & si on acheve la Regle de Trois, il viendra presque 70692 pour le quatrième terme, lequel répond dans les sinus à 44 degrez 59 min. C'est en faisant plusieurs calculs semblables, qui deviennent plus courts par les logarithmes, qu'on a construit les Tables des amplitudes.

152. » Il suffit de considérer le triangle rectangle
 » CDS dans la Fig. 72. pour appercevoir la raison des
 » deux analogies que nous venons d'indiquer. Ce triangle
 » est rectangle en D , & l'angle DCS est égal à la hau-
 » teur polaire, & l'angle DSC en est le complément.
 » Outre cela, CD est égal au Sinus de l'arc EF , ou de
 » l'arc QG , qui est la déclinaison de l'Astre, & CS est
 » égal au sinus de l'amplitude, ou au sinus de l'arc BX .
 » Or tout cela supposé, on peut faire cette analogie : Le
 » sinus de l'angle S , complément de la hauteur polaire,
 » est à CD sinus de la déclinaison, comme le sinus total
 » est à CS , qui est le sinus de l'amplitude. »

III.

Reconnoître l'instant auquel un Astre qui est du côté du Pole élevé, répond exactement au-dessus du vrai Est, ou du vrai Ouest, ou qu'il est dans le premier Vertical.

153. Comme le Soleil est souvent caché à l'Horison, nous croyons qu'il seroit à propos d'employer quelquefois les azimuths au lieu des amplitudes. Quoique l'Astre ait une hauteur considérable, nous pouvons néanmoins le rapporter aux points de l'Horison. Voici un moyen fort aisé de découvrir, lorsqu'il est dans le premier Vertical, ou qu'il se trouve exactement au-dessus du vrai Est ou du vrai Ouest.

154. On prendra le complément de la hauteur polaire, & on le fera convenir dans la Table des Amplitudes avec la déclinaison de l'Astre, comme si c'étoit une

hauteur polaire même. La quantité que donnera la Table, ne sera pas une amplitude, mais sera la hauteur vraie à laquelle il faudra saisir l'Astre, pour qu'il réponde exactement au vrai Est ou au vrai Ouest.

I 55. *Exemple.* On est par 56 deg. de latitude Nord, & la déclinaison du Soleil, ou de tout autre Astre, est de 21 deg. On remarquera d'abord que la déclinaison doit être du même côté que la latitude, pour que l'Astre puisse passer par le premier Vertical au-dessus de l'Horison. Ainsi il faut que les 21 deg. de déclinaison soient du côté du Nord. Cela supposé, nous demandons à quelle hauteur on doit observer l'Astre, pour qu'il soit précisément au-dessus du vrai point de l'Est ou de l'Ouest?

I 56. Le complément de 56 deg. est 34 deg. que je fais convenir avec 21 deg. de déclinaison dans la Table des Amplitudes. Je trouve 25 deg. 37 min. Or ce nombre m'apprend la hauteur qu'a l'Astre, lorsqu'il est exactement dans le premier Vertical, ou qu'il répond exactement au-dessus du vrai Est ou du vrai Ouest.

I 57. Si on ne veut pas se servir de la Table des Amplitudes, ou si elle n'est pas assez étendue, on trouvera la hauteur qu'a l'Astre, lorsqu'il est parvenu dans le premier Vertical, en faisant cette analogie: *Le Sinus de la latitude est au Sinus de la déclinaison, comme le Sinus total est au Sinus de la hauteur requise.*

I V.

Trouver l'Azimuth ou le vrai Rumb de vent auquel répond un Astre, lorsqu'il est à une certaine hauteur.

I 58. » Si l'Astre est élevé, & qu'il soit dans un autre point du Ciel que celui que nous venons d'indiquer, » nous pouvons trouver son azimuth par un calcul semblable à celui que nous avons employé pour trouver l'heure. » C'est aussi le même triangle sphérique que nous avons » à considérer dans le Ciel; mais dans lequel nous vou-

» lons trouver un autre angle. Nous faisons, comme ci-
 » devant, une somme des trois côtés de ce triangle, sça-
 » voir, de la distance du Pole au Zénith, de la distance de
 » l'Astre au Zénith, & de la distance de l'Astre au Pole
 » élevé; & après avoir pris la moitié de la somme, nous
 » en ôtons séparément les deux côtés qui comprennent
 » l'angle au Zénith, c'est-à-dire les distances du Pole &
 » de l'Astre au Zénith, & nous avons deux différences.

159. » Nous faisons après cela une somme des quatre
 » nombres Logarithmes suivans; les Logarithmes-Sinus
 » des deux différences & les complémens arithmétiques
 » des Logarithmes-Sinus des distances du Pole & de l'A-
 » stre au Zénith. La somme étant trouvée, nous en pre-
 » nons la moitié, & nous la cherchons dans les Tables
 » parmi les Logarithmes-Sinus. Nous trouvons de cette
 » sorte un nombre de degrez & de minutes qu'il faut dou-
 » bler, & on a l'angle au Zénith qui fait le vertical ou
 » azimuth de l'Astre avec le Méridien du côté du Pole
 » élevé. Pour nous expliquer autrement, on a l'intervalle
 » compris entre le vrai Nord ou le vrai Sud, & l'Astre
 » rapporté à l'Horison.

160. » *Exemple.* On est par 42 deg. de latitude-Sud,
 » la déclinaison du Soleil est de 10 degrez Nord, & sa
 » hauteur du côté de l'Occident est de 35 deg. Nous vou-
 » lons sçavoir dans quel azimuth se trouve alors cet Astre,
 » ou à quel rumb de vent il répond.

161. » Les trois côtés dont il faut faire une somme,
 » sont 48 deg. 100, & 55. La moitié de la somme est
 » 101 deg. 30 min. & si on en ôte séparément les distan-
 » ces du Pole & de l'Astre au Zénith, on aura 53^d, 30^m,
 » & 46^d, 30^m. pour les deux différences.

162. » Nous joignons ensuite en-
 » semble les Logar. Sin. de ces deux
 » différences avec le compl. arith. des
 » Log. Sinus de 48 deg. & de 55 deg.
 » la moitié de la somme répond au Lo-

9.9051787	
9.8605622	
1289265	
866355	
19.9813029	
9.9906514	Log. Sinus
de 78 deg. 9 min.	

» garithme-Sinus de 78 deg. 9 min. qu'il faut doubler, &
 » on a 156 deg. 18 min. pour la distance du Soleil au
 » vrai Sud. C'est la distance au vrai Sud que nous trou-
 » vons, parce que nous avons supposé que l'Observateur
 » étoit par une latitude méridionale. Mais sçachant cette
 » distance, nous n'avons qu'à la soustraire de 180 deg. &
 » nous aurons 23 deg. 42 min. pour la distance de l'Astre
 » au vrai Nord. Ainsi l'Astre répondra au N N O 1 deg.
 » 12 min. O des rumbs de vent du monde, & il sera éloi-
 » gné du vrai Ouest vers le Nord de 66 deg. 18 min.

*Déterminer l'Azimuth en se servant de
 l'Echelle des Logarithmes.*

163. » Au lieu d'avoir recours aux Tables des Loga-
 » rithmes, on pourra se servir de l'Echelle des Logarith-
 » mes, comme nous l'avons fait dans le Chapitre précé-
 » dent pour déterminer l'heure. Après avoir pris la moi-
 » tié de la somme des trois côtés du triangle sphérique,
 » & en avoir ôté d'une part la distance du Pole au Zé-
 » nith, & de l'autre part le complément de la hauteur de
 » l'Astre pour avoir les deux différences, on en prendra
 » avec un compas le point de milieu sur l'Echelle des Lo-
 » garithmes-Sinus. On prendra aussi le point de milieu du
 » complément de la hauteur polaire & du complément de
 » la hauteur de l'Astre; & ayant ouvert le compas depuis
 » ce dernier point jusqu'à l'extrémité de l'Echelle, on
 » transportera le compas en mettant sa première pointe
 » sur le premier point de milieu qu'on a trouvé, & l'au-
 » tre pointe, ou celle de la droite, marquera sur l'E-
 » chelle un nombre de degrez qu'il n'y aura qu'à doubler,
 » & on aura la distance à mesurer sur l'Horison, depuis
 » le vertical de l'Astre jusqu'au vrai Nord ou au vrai Sud;
 » jusqu'au vrai Nord si c'est le Pole du Nord qui est éle-
 » vé, & jusqu'au vrai Sud, si l'on est par une latitude
 » méridionale.»

164. TABLE DES AMPLITUDES.

DECLINAISONS DES ASTRES.

Degrez.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
2	I 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0	11 0	12 0
4	I 0	2 0	3 0	4 1	5 1	6 1	7 1	8 2	9 2	10 2	11 2	12 2
6	I 0	2 1	3 1	4 2	5 2	6 2	7 3	8 4	9 4	10 4	11 4	12 4
8	I 0	2 1	3 2	4 3	5 3	6 4	7 5	8 6	9 6	10 6	11 7	12 7
10	I 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 8	10 10	11 10	12 11
12	I 1	2 3	3 4	4 5	5 7	6 8	7 10	8 11	9 12	10 14	11 14	12 16
14	I 2	2 4	3 5	4 7	5 9	6 11	7 13	8 15	9 17	10 18	11 20	12 22
16	I 2	2 5	3 7	4 10	5 13	6 15	7 17	8 19	9 22	10 24	11 27	12 30
18	I 3	2 6	3 9	4 13	5 16	6 19	7 22	8 25	9 28	10 31	11 35	12 38
20	I 4	2 8	3 11	4 16	5 19	6 23	7 27	8 31	9 35	10 39	11 43	12 47
22	I 5	2 10	3 14	4 19	5 24	6 29	7 33	8 38	9 43	10 48	11 53	12 58
24	I 6	2 12	3 17	4 23	5 29	6 34	7 40	8 46	9 52	10 58	12 3	13 10
26	I 7	2 14	3 21	4 27	5 34	6 41	7 48	8 54	10 1	11 9	12 15	13 22
28	I 8	2 16	3 24	4 32	5 40	6 48	7 56	9 4	10 12	11 21	12 29	13 37
30	I 9	2 19	3 28	4 37	5 46	6 55	8 5	9 15	10 24	11 34	12 44	13 53
31	I 10	2 20	3 30	4 40	5 50	7 0	8 10	9 21	10 31	11 41	12 52	14 2
32	I 11	2 22	3 33	4 43	5 54	7 5	8 16	9 27	10 38	11 49	13 0	14 11
33	I 12	2 23	3 35	4 46	5 58	7 10	8 21	9 33	10 45	11 57	13 9	14 21
34	I 12	2 25	3 37	4 50	6 2	7 15	8 27	9 40	10 52	12 5	13 18	14 32
35	I 13	2 27	3 40	4 53	6 6	7 20	8 33	9 47	11 1	12 14	13 28	14 42
36	I 14	2 28	3 43	4 57	6 11	7 25	8 40	9 54	11 9	12 24	13 39	14 54
37	I 15	2 30	3 45	5 1	6 16	7 31	8 47	10 2	11 18	12 34	13 49	15 5
38	I 16	2 32	3 48	5 5	6 21	7 37	8 54	10 11	11 27	12 44	14 1	15 18
39	I 17	2 34	3 52	5 9	6 27	7 44	9 1	10 19	11 37	12 55	14 13	15 31
40	I 18	2 37	3 55	5 14	6 32	7 51	9 9	10 28	11 47	13 6	14 25	15 45
41	I 19	2 39	3 59	5 19	6 38	7 58	9 18	10 38	11 58	13 18	14 39	16 0
42	I 20	2 41	4 2	5 24	6 44	8 5	9 26	10 48	12 9	13 31	14 53	16 15
43	I 22	2 44	4 6	5 29	6 51	8 13	9 35	10 58	12 21	13 44	15 7	16 31
44	I 23	2 47	4 10	5 34	6 58	8 21	9 45	11 9	12 34	13 58	15 23	16 48
45	I 25	2 50	4 15	5 40	7 5	8 30	9 55	11 21	12 47	14 13	15 39	17 6
46	I 26	2 53	4 19	5 46	7 12	8 39	10 6	11 33	13 1	14 29	15 57	17 25
47	I 28	2 56	4 24	5 52	7 21	8 49	10 18	11 46	13 16	14 45	16 15	17 45
48	I 30	2 59	4 29	5 59	7 29	8 59	10 30	12 0	13 28	15 2	16 34	18 6
49	I 32	3 3	4 35	6 6	7 38	9 10	10 42	12 15	13 48	15 21	16 55	18 29
50	I 33	3 7	4 40	6 14	7 48	9 21	10 56	12 30	14 5	15 40	17 16	18 52
51	I 35	3 11	4 46	6 22	7 58	9 34	11 10	12 47	14 24	16 1	17 39	19 17
52	I 37	3 15	4 52	6 30	8 8	9 47	11 25	13 4	14 43	16 23	18 3	19 44
53	I 40	3 20	4 59	6 40	8 20	10 0	11 41	13 22	15 4	16 47	18 29	20 13
54	I 42	3 24	5 6	6 49	8 33	10 15	11 58	13 42	15 26	17 11	18 57	20 43
55	I 45	3 29	5 14	6 59	8 44	10 30	12 16	14 3	15 50	17 37	19 26	21 15
56	I 47	3 35	5 22	7 10	8 58	10 46	12 35	14 25	16 15	18 6	19 57	21 50
57	I 50	3 41	5 31	7 22	9 13	11 4	12 56	14 48	16 42	18 36	20 30	22 27
58	I 53	3 47	5 40	7 34	9 28	11 23	13 18	15 13	17 10	19 8	21 6	23 6
59	I 57	3 53	5 50	7 47	9 45	11 43	13 41	15 41	17 41	19 42	21 45	23 49
60	2 0	4 0	6 1	8 1	10 2	12 4	14 6	16 10	18 9	20 19	22 25	24 34
61	2 4	4 8	6 12	8 16	10 21	12 27	14 34	16 41	18 50	20 59	23 11	25 24
62	2 8	4 16	6 24	8 34	10 42	12 52	15 3	17 15	19 28	21 43	23 59	26 17
63	2 12	4 25	6 37	8 50	11 4	13 19	15 37	17 51	20 9	22 29	24 51	27 15
64	2 17	4 34	6 51	9 9	11 28	13 48	16 8	18 31	20 52	23 20	25 48	28 19
65	2 22	4 45	7 7	9 30	11 54	14 19	16 46	19 14	21 43	24 16	26 50	29 28
66	2 28	4 55	7 24	9 53	12 22	14 54	17 26	20 1	22 37	25 16	27 59	30 44
66½	2 31	5 1	7 33	10 4	12 38	15 12	17 48	20 26	23 6	25 49	28 35	31 26

HAUTEURS POLAIRES.

Suite de la TABLE DES AMPLITUDES.

307

DECLINAISONS DES ASTRES.

Degrez.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23 ¹
	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D. M.
2	13 0	14 0	15 0	16 1	17 1	18 1	19 1	20 1	21 1	22 1	23 1	23 31
4	13 2	14 2	15 2	16 3	17 3	18 3	19 3	20 3	21 3	22 5	23 4	23 34
6	13 4	14 5	15 5	16 6	17 6	18 6	19 7	20 7	21 7	22 9	23 8	23 38
8	13 8	14 9	15 9	16 10	17 10	18 11	19 12	20 12	21 13	22 13	23 14	23 46
10	13 12	14 13	15 14	16 15	17 16	18 17	19 18	20 19	21 20	22 21	23 23	23 53
12	13 18	14 19	15 21	16 22	17 24	18 25	19 27	20 28	21 30	22 31	23 33	24 4
14	13 24	14 26	15 29	16 30	17 32	18 34	19 36	20 38	21 41	22 42	23 45	24 16
16	13 32	14 34	15 37	16 40	17 43	18 46	19 48	20 51	21 53	22 55	23 59	24 31
18	13 41	14 44	15 47	16 51	17 54	18 58	19 58	20 51	21 5	22 8	23 12	24 47
20	13 51	14 55	15 59	17 4	18 8	19 12	20 16	21 21	22 25	23 30	24 34	25 7
22	14 2	15 8	16 13	17 18	18 23	19 28	20 33	21 39	22 44	23 50	24 56	25 28
24	14 15	15 22	16 28	17 34	18 40	19 48	20 53	21 59	23 6	24 13	25 21	25 53
26	14 30	15 37	16 44	17 52	18 59	20 7	21 14	22 22	23 30	24 38	25 46	26 20
28	14 46	15 54	17 3	18 11	19 20	20 29	21 38	22 47	23 57	25 6	26 16	26 51
30	15 3	16 13	17 23	18 34	19 44	20 54	22 5	23 16	24 27	25 38	26 49	27 25
31	15 13	16 24	17 35	18 45	19 57	21 8	22 19	23 31	24 43	25 55	27 7	27 43
32	15 23	16 34	17 46	18 58	20 10	21 22	22 35	23 47	25 0	26 13	27 26	28 3
33	15 34	16 46	17 59	19 11	20 24	21 37	22 51	24 4	25 18	26 32	27 46	28 23
34	15 45	16 58	18 12	19 25	20 38	21 53	23 7	24 22	25 37	26 52	28 7	28 45
35	15 56	17 11	18 25	19 40	20 55	22 10	23 25	24 41	25 57	27 13	28 29	29 8
36	16 9	17 24	18 40	19 55	21 11	22 27	23 44	25 1	26 18	27 35	28 53	29 32
37	16 22	17 38	18 55	20 11	21 28	22 46	24 3	25 21	26 40	27 58	29 17	29 57
38	16 35	17 53	19 19	20 26	21 47	23 5	24 24	25 43	27 3	28 23	29 44	30 24
39	16 50	18 8	19 27	20 46	22 6	23 26	24 46	26 7	27 28	28 49	30 11	30 52
40	17 5	18 25	19 45	21 5	22 26	23 47	25 9	26 31	27 54	29 17	30 40	31 22
41	17 20	18 42	20 3	21 25	22 48	24 1	25 33	26 57	28 23	29 46	31 11	31 54
42	17 37	19 0	20 23	21 46	23 10	24 34	25 59	27 24	28 50	30 16	31 43	32 27
43	17 55	19 19	20 43	22 8	23 34	25 0	26 26	27 53	29 20	30 49	32 18	33 2
44	18 13	19 39	21 5	22 32	23 59	25 26	26 55	28 23	29 53	31 23	32 54	33 40
45	18 33	20 0	21 28	22 57	24 25	25 55	27 25	28 56	30 27	31 59	33 33	34 20
46	18 54	20 43	21 53	23 22	24 53	26 25	27 57	29 30	31 3	32 38	34 14	35 2
47	19 17	20 47	22 18	23 50	25 23	26 57	28 31	30 6	31 42	33 19	34 57	35 47
48	19 39	21 12	22 45	24 19	25 55	27 30	29 7	30 44	32 23	34 3	35 44	36 35
49	20 3	21 38	23 15	24 51	26 28	28 6	29 45	31 25	33 7	34 49	36 33	37 26
50	20 29	22 7	23 45	25 24	27 7	28 44	30 26	32 9	33 53	35 39	37 26	38 21
51	20 50	22 37	24 17	25 59	27 41	29 24	31 9	32 55	34 43	36 32	38 23	39 19
52	21 16	23 8	24 52	26 36	28 21	30 6	31 57	33 45	35 36	37 29	39 23	40 22
53	21 57	23 42	25 28	27 16	29 4	30 53	32 45	34 39	36 33	38 30	40 49	41 30
54	22 30	24 18	26 7	27 58	29 50	31 43	33 38	35 35	37 34	39 36	41 40	42 43
55	23 5	24 57	26 49	28 43	30 39	32 36	34 35	36 37	38 40	40 47	42 56	44 3
56	23 43	25 38	27 34	29 32	31 32	33 33	35 36	37 42	39 51	42 4	44 19	45 30
57	24 24	26 22	28 29	30 24	32 28	34 34	36 43	38 54	41 10	43 27	45 50	47 4
58	25 7	27 10	29 14	31 20	33 29	35 40	37 54	40 12	42 33	44 59	47 30	48 48
59	25 53	28 5	30 10	32 21	34 35	36 52	39 12	41 37	44 6	46 40	49 21	50 44
60	26 46	28 56	31 10	33 27	36 25	38 10	40 38	43 10	45 47	48 31	51 24	52 53
61	27 39	29 56	32 16	34 39	37 5	39 56	42 11	44 52	47 40	50 36	53 42	55 20
62	28 38	31 1	33 27	35 57	38 31	41 10	43 54	46 46	49 46	52 56	56 20	58 9
63	29 42	32 12	34 46	37 23	40 5	42 54	45 49	48 53	52 8	55 30	59 24	61 26
64	30 52	33 30	36 15	38 58	41 50	44 49	47 57	51 17	54 50	58 43	63 3	65 27
65	32 10	34 55	37 46	40 43	43 46	46 59	50 23	54 2	58 0	62 26	67 36	70 39
66	33 35	36 30	39 31	42 40	45 58	49 27	53 10	57 14	61 47	67 5	73 53	78 38
66 ¹	34 20	37 21	40 29	45 1	47 9	50 48	54 44	59 4	64 0	69 59	78 50	90 0

HAUTEURS POLAIRES.

CHAPITRE VII.

Connoissant le vrai Rumb de vent , ou la vraie Direction dans laquelle est un Astre, & la Direction à laquelle il répond sur la Bouffole , trouver la Variation.

I.

165. **T**OUT ce que nous venons d'expliquer, est relatif à ce que nous avons dit dans le Chapitre II. du second Livre N°. 67. & suiv. au sujet de la Variation de la Bouffole. Si l'Horison étoit toujours net, on pourroit se borner à l'observation des amplitudes; mais il arrive que dans de très-longues traversées on ne voit que rarement le Soleil se lever ou se coucher. Cet Astre se trouve engagé dans les nuages à l'Horison, & il ne paroît que lorsqu'il est parvenu à une certaine hauteur. Il est donc comme nécessaire d'avoir recours à l'observation de l'azimuth; non-seulement pour naviguer avec moins de risque, mais pour acquérir aussi sur cette matière des connoissances qui soient utiles à la Marine en général, & qui contribuent à assurer le sort des Navigateurs qui viendront après nous. L'observation est un peu plus difficile, lorsque l'Astre est élevé. Il faut que deux Pilotes agissent ensemble; l'un observe la hauteur de l'Astre, pendant que l'autre examine sur le compas de variation l'azimuth magnétique ou la direction sur laquelle l'Astre se trouve par rapport à la Bouffole. Mais pour peu que ces deux Observateurs se soient exercés à travailler de concert, ils rendront leurs observations très-exactes, en les faisant dans le même instant.

166. Si on a vû le Soleil s'approcher du premier vertical,

tical, & si dans l'instant qu'il doit répondre exactement au-dessus du vrai Est ou du vrai Ouest, on observe sa situation par rapport aux rumb de vent de la Bouffole, on reconnoîtra tout d'un coup s'il y a de la variation, & on en déterminera la quantité. On a trouvé, par exemple, en se conformant au calcul expliqué vers la fin du Chapitre précédent, que l'Astre doit parvenir au premier vertical, lorsqu'il aura 25 deg. 37 min. de hauteur *: il n'y aura, en l'observant, qu'à le saisir précisément à cette hauteur. Un des Observateurs avertira l'autre; & si l'Astre répond effectivement à l'Est ou à l'Ouest de la Bouffole, il n'y aura point de variation; mais s'il y a quelque différence, elle marquera l'erreur à laquelle la Bouffole est sujette. Tous les autres moyens de découvrir la variation de l'aimant, ont rapport à celui-ci. Il s'agit toujours de comparer entr'elles les amplitudes vraies & observées, ou l'azimuth trouvé par le calcul avec l'azimuth magnétique observé sur le compas de variation.

* Voyez
N^o. 155. &
156.

167. Nous pouvons donner un bon conseil aux jeunes Pilotes, lorsqu'ils voudront faire cette comparaison. Ils feront fort bien de tracer une figure semblable à la 73^{me}, qui représente l'Horison & la Bouffole; ils pourront même tracer cette figure grossièrement, & sans y observer de mesures exactes. Les points *N*, *E*, *S* & *O* indiquent les quatre rumb de vent cardinaux. On placera l'Astre vers l'Est ou vers l'Ouest, à peu près selon le rumb de vent qu'a donné le calcul. On le placera du côté de l'Est si l'amplitude est ortive, ou s'il s'agit du lever; & on le mettra du côté de l'Ouest si l'amplitude est occase. La Bouffole sera représentée par le petit cercle intérieur, & on la disposera de la manière dont l'exige l'observation.

Fig. 73.

168. *Exemple.* Le 22 Juin 1752 par 40 deg. de latitude, on a observé le Soleil lorsqu'il se couchoit, & il a paru éloigné de 50 deg. de l'Ouest du compas vers le Nord. On demande la variation ?

169. Je cherche la vraie amplitude que je trouve dans

R r

Fig. 73.

les Tables, ou par le calcul, d'environ $31^{\text{deg.}} 20^{\text{min.}}$. Je place après cela le Soleil en *A*, en supposant qu'il y a $31^{\text{d.}} 20^{\text{m.}}$ depuis le point *A* jusqu'en *O*. Je mets le Soleil du côté de l'Ouest, parce que l'amplitude est occase, ou que l'observation a été faite le soir; & je compte les $31^{\text{d.}} 20^{\text{m.}}$ de l'Ouest vers le Nord, parce que la déclinaison du Soleil est supposée Nord. Il ne me reste plus ensuite qu'à disposer la Bouffole. Je ne fais pas répondre son Ouest à l'Ouest du monde; mais je le place un peu plus bas, ou un peu plus vers le Sud, afin que le Soleil, en se couchant, en soit éloigné de $50^{\text{deg.}}$ pendant qu'il n'est éloigné du vrai Ouest que de $31^{\text{d.}} 20^{\text{m.}}$ il faudra par conséquent porter le Nord de la Bouffole un peu plus vers l'Ouest par rapport au Nord du monde; & la variation sera NO de $18^{\text{d.}} 40^{\text{m.}}$ différence des deux amplitudes vraie & observée.

170. *Second Exemple.* La vraie amplitude étant la même que dans l'exemple précédent, c'est-à-dire de $31^{\text{d.}} 20^{\text{m.}}$ occase-Nord, on a trouvé un moindre nombre sur le compas: nous supposons que l'amplitude observée n'a été que de $28^{\text{d.}} 30^{\text{m.}}$ Nord. Il faudra dans ce cas, pour représenter la situation de la Bouffole, placer son point de l'Ouest un peu au-dessus de l'Ouest du monde, ou un peu plus vers le Nord. La Bouffole se trouvera orientée d'une manière contraire à celle qui est marquée dans la figure, & la variation sera NE de $2^{\text{d.}} 50^{\text{m.}}$.

171. Il faut quelquefois, pour avoir la variation, ajouter ensemble les deux amplitudes, celle qu'on trouve par le calcul, & celle qu'on trouve sur la Bouffole. C'est ce qui arrive lorsque les amplitudes sont de différentes dénominations; que l'une est Nord & l'autre Sud. Alors l'Astre se lève ou se couche entre les deux différens points de l'Est ou de l'Ouest, comme nous allons l'expliquer.

172. *Troisième Exemple.* Le 12 Mars 1752 on étoit sur le Méridien de l'Isle-de-Fer par $48^{\text{deg.}}$ de latitude, & le Soleil, en se couchant, a paru éloigné de l'Ouest de la Bouffole de $14^{\text{deg.}}$ vers le Nord. On demande la variation?

173. La vraie amplitude étoit de $4^{\text{d}}. 31^{\text{m}}$. Sud. Ainsi les deux amplitudes occases étoient de différentes dénominations. Le Soleil s'est couché réellement à $4^{\text{d}}. 31^{\text{m}}$. de distance du vrai Ouest vers le Sud, quoiqu'il ait paru en même tems vers le Nord sur le compas à 14 deg. de l'Ouest. Je mets d'abord le Soleil en *B*, en supposant qu'il y a $4^{\text{d}}. 31^{\text{m}}$. depuis *O* jusqu'en *B*; mais il faut après cela placer l'Ouest du compas encore plus vers le Sud, il faut le placer 14 deg. plus Sud. La distance d'un Ouest à l'autre sera égale à la somme des deux amplitudes, & la variation sera donc de $18^{\text{d}}. 31^{\text{m}}$. NO. Car l'Ouest de la Bouffole n'a pas pû avancer vers le Sud, sans que le Nord avançât vers l'Ouest.

174. *Quatrième Exemple.* Il n'y aura pas plus de difficulté à comparer les azimuths; celui que donne le calcul & celui qu'on a observé sur le compas de variation. Supposons qu'on est par 42 degrez de latitude Sud, que le Soleil a 10 degrez de déclinaison Nord, & que le soir dans le même instant que l'Astre a 35 degrez de hauteur vraie, il paroisse éloigné du Nord du compas de 30 deg. vers l'Ouest.

175. On cherchera la situation du Soleil par rapport aux Régions du monde, & on trouvera que l'Astre étoit réellement à $23^{\text{d}}. 42^{\text{m}}$. de distance du vrai Nord. * Je suppose après cela dans la *Figure 73*, qu'il y a $23^{\text{d}}. 42^{\text{m}}$. depuis *N* jusqu'au point *A*, auquel le Soleil est censé répondre: je considère ensuite qu'il ne faut pas mettre le Nord de la Bouffole vis-à-vis du Nord du monde, mais qu'il faut, en l'éloignant du point *A*, le porter vers l'Est, afin qu'il soit à 30 degrez de distance de l'Astre, comme le demande l'observation. La variation sera donc NE de $6^{\text{d}}. 18^{\text{m}}$. différence de $23^{\text{d}}. 42^{\text{m}}$. & de 30 degrez. Nous pourrions nous dispenser de dire ce que les Lecteurs voyent assez, qu'il n'y auroit point de variation, si on avoit trouvé exactement le même azimuth par l'observation sur le compas, que par le calcul.

Fig. 73.

* Voyez
N^o. 162.

I I.

De deux différentes manières d'avoir égard à la Variation de la Bouffole.

176. Lorsqu'on connoît la variation, il y a deux différentes manières d'y avoir égard, selon qu'on veut faire une certaine route, ou selon qu'on l'a déjà faite. Si en se réglant sur une Bouffole qui varie, par exemple, de 6 deg. 18 min. NE, on a suivi le NO, il est évident qu'on n'a pas couru au vrai NO, mais au NO 6^d. 18^m. N. Tous les rumbes de vents de l'Ouest de la Bouffole répondent dans cette supposition 6^d. 18^m. plus vers le Nord; & ceux de l'Est répondent plus vers le Sud. Il n'est pas nécessaire que nous répétions ici ce que nous avons déjà dit sur ce sujet dans le second Livre N°. 59.

177. Il s'agit dans le cas précédent, & c'est le plus ordinaire, de voir quel est l'effet de la variation, lorsqu'une route est déjà faite, & qu'on s'est servi d'un compas sujet à cette espèce de défaut. Mais on veut quelquefois prévenir l'erreur; on se propose de faire exactement une certaine route, & alors il faut se précautionner contre la variation. Si on veut, par exemple, courir exactement au SSE, lorsque la variation est de 6 deg. 18 min. NE, il ne faut pas suivre le SSE de la Bouffole, car on courroit effectivement au SSE 6 deg. 18 min. S; mais il faut prendre 6 deg. 18 min. à l'Est; c'est-à-dire, qu'il faut courir au SSE 6 deg. 18 min. E sur la Bouffole; & de cette sorte on préviendra l'erreur que causeroit la variation: on courra effectivement au SSE. Au lieu d'insister ici davantage sur la distinction de ces deux différens cas, nous croyons qu'il vaudra mieux rechercher dans la suite les occasions d'y rendre attentifs les Lecteurs.



CHAPITRE VIII.

*Méthode de trouver immédiatement la
Longitude lorsqu'on est en Mer.*

118. **O**N peut encore tirer une utilité de la connoissance de la variation de la Bouffole. On peut s'en servir en plusieurs occasions pour découvrir la longitude. Ce moyen ne doit pas être regardé comme général ; mais il suffit qu'on puisse s'en servir souvent , pour que nous soyons obligés de le recommander.

I.

Trouver la Longitude en Mer par la Variation de la Bouffole.

119. M. Halley célèbre Astronome Anglois ayant recueilli un très-grand nombre d'Observations sur les déclinaisons de la Bouffole, il lui vint en pensée, ce que personne n'avoit fait avant lui, de les représenter sur une Carte Marine. Il traça une ligne courbe qui passoit par tous les lieux où la Bouffole marquoit exactement le Nord, & cette ligne courbe indiquoit donc tous les points de l'Océan où l'aiguille aimantée est exemte de déclinaison. Il lia également par une ligne courbe tous les points de la Mer où la variation étoit NE de 5 degrez ; il traça d'autres courbes pour 10 deg. pour 15, &c. & il fit la même chose pour les variations NO. On voit de cette sorte d'un coup d'œil, lorsqu'on a la Carte de M. Halley entre les mains, de combien la Bouffole décline en chaque endroit. Ces lignes courbes, quoiqu'irrégulières, gardent cependant entr'elles un certain ordre ; la ligne qui passe

par tous les lieux de la Mer où la fleur de lys de la Bouffole marque exactement le Nord, est comme au milieu de toutes les autres. Si l'on s'en écarte un peu du côté de l'Orient, la variation de la Bouffole devient NO, & elle devient de plus grande en plus grande, à moins qu'on ne s'approche trop de quelqu'autre branche de la même ligne courbe. Si l'on avance au contraire vers l'Occident, la variation devient NE.

180. La Carte de M. Halley marquoit l'état des choses pour 1700, & on ne tarda pas à s'appercevoir que l'assemblage de toutes les lignes courbes étoit sujet à changer de place; qu'en général il avançoit vers l'Occident & vers le Sud; & qu'outre cela chaque ligne souffroit aussi en particulier quelque changement dans ses inflexions. La déclinaison de la Bouffole dépend d'une cause générale; & cette cause sujette elle-même à changer par les altérations qui se font dans l'intérieur de la Terre, produit sur les directions de la Bouffole des effets qui sont très-sensibles en peu d'années, & qui ne sont pas les mêmes partout, parce qu'ils dépendent de la situation des lieux, par rapport aux endroits intérieurs où se fait la principale altération. Messieurs Moutaine & Dodson ont entrepris de faire pour 1744, ce que M. Halley avoit fait pour 1700; & comme ils ont eu un plus grand nombre d'observations, ils se sont trouvés en état de tracer les lignes courbes magnétiques, tout autour de la Terre, ce que n'avoit pas fait M. Halley.

181. Il m'a paru qu'il n'y avoit qu'à joindre ensemble ces deux systèmes ou assemblages de lignes courbes, pour pouvoir en retirer tout l'avantage possible. Les dernières observations nous intéressent davantage que les premières, parce qu'elles ont été faites dans un tems dont nous sommes moins éloignés: mais nous avons cependant besoin des autres, afin de voir le changement que souffre la déclinaison de l'aiman, & de pouvoir juger à peu près de son progrès pour les années suivantes. J'ai marqué en noir les

lignes courbes pour 1744, & en rouge celles qui convenoient à 1700. J'ai fait, en me fondant sur mes propres observations, quelques légers changemens aux lignes courbes pour 1744; je n'ai pas cherché à en faire un plus grand nombre, parce qu'il n'est ici question que de montrer l'importance de la chose. Pour peu que les Marins s'intéressent dans ce travail, on aura bientôt de bonnes Cartes sur ce sujet, dans lesquelles on n'aura rien donné à l'esprit de système, comme il y a tout lieu de croire que l'ont fait un peu les deux derniers Auteurs. Il suffira ensuite de renouveler ces Cartes de tems en tems, pour éviter l'erreur que peut causer l'irrégularité du mouvement des lignes courbes.

182. Supposons, pour rendre sensible l'usage de la Carte que nous donnons, qu'en naviguant de l'autre côté de l'Equateur en 1755, on soit par 30 degrez de latitude, & qu'on trouve que la variation de la Boussole est de 10 deg. N E. Ce n'est pas assez de connoître la variation de la Boussole, il faut aussi sçavoir par quelle latitude on est. La longitude qu'indiquoit en 1700 cette variation de l'aiman par 30 deg. de latitude Sud, étoit de 347 deg. à compter du Méridien de l'Isle-de-Fer. Ce point est déterminé par l'intersection du parallele, & par la ligne courbe qui indique les lieux où la variation est de 10 degrez N E. Ce point d'intersection n'étoit plus le même en 1744; il avoit avancé d'environ 9 degrez vers l'Ouest. On en conclura, si l'on suppose que le progrès est à peu près régulier, quoiqu'il ne le soit pas, que le point dont il s'agit sera encore plus vers l'Ouest en 1755, d'environ $2\frac{1}{4}$ deg. Ainsi on sera par $335\frac{1}{4}$ deg. de longitude.

183. Cette méthode ne peut pas servir dans les endroits de la Mer où les lignes courbes de M. Halley sont presque perpendiculaires au Méridien, comme elles le sont effectivement vers la Floride, ou vers l'Isle de Cube. On trouve dans ces parages & dans tous les autres qui sont situés vers le sommet des lignes courbes, la même

déclinaison de la Bouffole, quoiqu'on s'ingle beaucoup en longitude; ainsi on ne peut pas juger alors du changement de l'une par le changement de l'autre. Il faut encore exclure de la méthode les lieux où les lignes courbes changent considérablement de situations en peu d'années, à moins qu'on n'ait une Carte très-récente, qui ne laisse aucun lieu de crainte sur l'irrégularité de la marche des lignes courbes. En plusieurs endroits ces mêmes lignes ne s'écartent pas extrêmement de la direction du Méridien, & elles n'ont pas sensiblement changé de place depuis 1700 jusqu'en 1744. C'est principalement dans ces endroits qu'on peut employer avec succès la variation de l'aiman pour découvrir la longitude; & on voit combien ce moyen est simple. Un Navire s'ingle à l'Ouest, par exemple, pour aller chercher la Martinique; il est par 14 deg. 40 min. de latitude Nord, & en observant la variation, il la trouve successivement de 1 deg. N E, de 2, de 3, & enfin de 4 deg. il n'est pas loin alors du terme de sa navigation.

II.

*Trouver la Longitude par les Eclipses des
Satellites de Jupiter.*

184. » S'il ne falloit pas des Lunettes de 10 ou 12
» pieds pour bien observer les Eclipses du premier Satelli-
» te de Jupiter, on auroit un autre moyen très-simple de
» déterminer en Mer les longitudes. On peut, au lieu de
» Lunettes à deux verres, dont se servent ordinairement
» les Astronomes, se servir de Télescopes, ou de ces Lu-
» nettes composées principalement de miroirs; il suffiroit
» que ces Télescopes eussent 18 ou 20 pouces de longueur,
» & il seroit beaucoup plus facile de s'en servir malgré le
» mouvement du Vaisseau. Ces instrumens ne formeroient
» pas un levier incommode par leur longueur & par leur
» poids, comme les autres Lunettes, qui sont six ou sept
» fois

fois plus longues, & outre cela ils donneroient moins « de prise au vent. J'ai fait quelques tentatives en Mer « sur ce sujet, qui ne furent pas heureuses, mais qui me « font cependant croire qu'on peut imaginer des précau- « tions qui leveroient toutes les difficultés. «

185. N'ayant pas de Télescope, j'attachai à une Lu- « nette de 9 pieds de longueur, une regle qui s'appuyoit « sur mon épaule, pendant que je tenois la Lunette appli- « quée à mon œil. Il y avoit derrière moi au bout de la « regle une espèce de contrepoids qui étoit en équilibre « avec la Lunette. Je visois ensuite, sans me fatiguer, à « quel point du Ciel je voulois. La chose réussissoit pen- « dant quelque tems; mais l'agitation du Vaisseau déran- « geoit bientôt la machine, & j'avois ensuite beaucoup « de peine à la remettre dans sa premiere situation, parce « que je ne lui imprimois du mouvement qu'avec lenteur, « & qu'il falloit outre cela que j'ôtasse l'œil de la Lunette, « pour voir de quel côté je devois me tourner. On sent « assez que pour faire cesser une grande partie de ces diffi- « cultés, il n'y auroit qu'à se servir d'un Télescope, sur le- « quel l'Observateur agiroit beaucoup plus aisément. «

186. On pourroit encore perfectionner cette disposi- « tion, & je ne doute pas qu'elle n'eût ensuite un entier « succès dans les plus grands Vaisseaux, pourvû que la Mer « ne fût pas extrêmement agitée. Je mettrois aux côtés de « l'Observateur deux ou trois aides qui le déchargeassent « absolument du soin de pointer son Télescope. Ils tien- « droient des regles qu'ils pointeroient eux-mêmes sur Ju- « piter, & ces régles seroient attachées au Télescope au- « quel elles seroient toujours paralleles. J'épargnerois à « ces seconds Observateurs presque absolument la peine « qu'ils trouveroient à soutenir leur règle, en y attachant « à une certaine distance une autre règle qui s'appuyât sur « l'épaule, & qui eût un petit contrepoids. De simples « Matelots pourroient remplir cette fonction d'Aides-Ob- « servateurs, pourvû qu'ils fussent exercés à ajuster un fusil «

» & à tirer au vol : une de ces choses ne seroit pas plus
 » difficile que l'autre. On leur montreroit Jupiter ; &
 » comme ils ne le perdroient point de vûe , ils le sui-
 » vroient toujours avec facilité. Ils formeroient un groupe
 » au milieu duquel seroit placé l'Observateur, & ils contri-
 » bueroient tous à le soutenir , & à faire réussir son ob-
 » servation. Je n'ai que faire de dire qu'il ne resteroit plus
 » qu'à comparer l'heure & la minute qu'on auroit observé
 » l'immersion ou l'émerfion du Satellite, avec l'heure mar-
 » quée pour Paris , & qu'on auroit la différence des lon-
 » gitudes exprimée en tems.

I 87. » Les règles seroient attachées au Télescope par
 » des bras qui seroient aussi paralleles entr'eux , & qui
 » changeroient d'inclinaison par rapport au Télescope ,
 » par le moyen des charnieres qu'ils auroient à leurs deux
 » extrémités. Il seroit même à propos que ces bras fus-
 » sent brisés au milieu , & qu'ils y eussent encore d'autres
 » charnieres à peu près comme le représente la *Figure 74* ;
 » de sorte que l'assemblage de ces pièces formeroit deux
 » parallelogrames *EL* & *IG*, sujets à changer de figure en-
 » tre le Télescope & la règle de chaque Aide. On pour-
 » roit faire cette espèce de chassis partie en bois , & par-
 » tie en cuivre ou en fer. Il seroit nécessaire que les char-
 » nieres fussent exécutées avec le plus grand soin ; & il
 » ne seroit pas moins important de conserver au chassis
 » *ABDC* la régularité d'un autre mouvement. Il faudroit
 » que les extrémités des côtés *AB* & *CD* pussent tourner
 » dans des anneaux attachés au Télescope & à chacune des
 » règles principales , ou de celles qu'on pointe d'une ma-
 » niere actuelle sur Jupiter. Le tout s'assembleroit par le
 » moyen de quelque vis : car il suffiroit dans certain cas
 » de donner un seul Aide à l'Observateur , & d'autres fois
 » il faudroit lui en donner deux ou trois. Comme l'obser-
 » vation se fait toujours de nuit , il faudroit placer derriere
 » les Observateurs & plus haut une lumière qui tombât
 » sur les règles , & qui les éclairât suffisamment.

III.

Trouver la Longitude en Mer par l'heure du passage de la Lune par le Méridien.

188. Le mouvement particulier ou propre de la Lune « d'Occident en Orient nous fournit un troisième moyen « de trouver les longitudes en Mer, mais qui n'est encore « applicable que dans certains cas, & qui, outre cela, se « ressent toujours de l'imperfection de nos calculs sur les « mouvemens de la Planète. »

189. Nous avons vu que le mouvement particulier « de la Lune étoit beaucoup plus rapide que celui du So- « leil, & que la première de ces Planètes retardoit cha- « que jour à passer au Méridien d'environ 48 minutes « d'heure. Nous avons des Calendriers qui nous marquent « l'instant de ces passages pour un lieu déterminé. Le Li- « vre de la Connoissance des Tems que l'Académie des « Sciences publie chaque année, nous les donne, par « exemple, de jour en jour pour le Méridien de Paris. « Mais si on est en Mer fort loin vers l'Occident par rap- « port à cette Capitale, la Lune passera au Méridien en- « core plus tard par rapport au Soleil; puisque son mou- « vement particulier l'aura transportée encore davantage « vers l'Orient, en l'écartant de l'autre Astre. Elle pas- « sera au contraire plutôt au Méridien pour les lieux qui « sont à l'Orient par rapport à Paris. »

190. Si on consulte le Livre de la Connoissance des « Tems, & qu'on cherche, par exemple, à quelle heure « la Lune passera au Méridien le 28 Octobre de cette « année 1752, on verra que c'est à 4 heures 40 min. du « matin, & que le lendemain ce sera à 5 heures 38 min. « Ainsi une révolution autour de la Terre ou 360 deg. de « longitude mettent 58 min. de différence dans le passage « de la Planète par le Méridien. Or si la nuit du 28, la «

» Lune passe au Méridien , 9 min. 40 sec. plus-tard qu'à
 » Paris , si elle passe à 4 heures 49 min. 40 sec. il n'y aura
 » qu'à faire une règle de Trois pour trouver combien 9^m.
 » 40["] donnent de différence en longitude , à proportion
 » de 58 min. qui répondent à 360 degrez. On dira donc
 » 58 min. ou 3480 secondes sont à 360 degrez comme
 » 9 min. 40 sec. ou 580 sec. sont à un quatrième terme.
 » On trouvera 60 degrez ; ce qui montre qu'on seroit 60^d.
 » à l'Occident de Paris , ou environ 40 deg. à l'Ouest de
 » l'Isle-de-Fer , ou ce qui revient au même qu'on seroit
 » par 320 degrez de longitude.

191. » Il faut remarquer que l'opération seroit plus
 » sûre , si l'on marquoit dans les Calendriers destinés pour
 » les Marins , les deux passages de la Lune par le Méridien
 » chaque jour , l'un au-dessus de la Terre , & l'autre
 » au-dessous. La différence des deux répondroit à 180^d.
 » & on courroit ensuite moins risque de se tromper en
 » cherchant les parties proportionnelles. Comme il n'a
 » point encore été question , pour les Pilotes , d'employer
 » réellement à la découverte des longitudes , les lieux de
 » la Lune , on ne s'est pas attaché à les calculer avec
 » toute la rigueur possible pour les insérer dans les Calendriers ,
 » & on s'est aussi dispensé de les y marquer en parties de minutes
 » ou en secondes. Nos Tables Astronomiques sont néanmoins assez
 » parfaites pour que nous puissions ne nous tromper maintenant tout au plus
 » que d'un tiers de minute d'heure , en cherchant d'avance le tems
 » du passage de cette Planète par le Méridien d'un lieu déterminé.
 » Cette erreur en peut causer une d'environ 45 ou 50 lieues sur la longitude :
 » mais il y a encore à craindre les erreurs particulières que pourra
 » commettre le Pilote en observant. Il nous reste à expliquer la
 » manière de faire l'Observation , & il faut que nous descendions
 » pour cela dans un assez grand détail.

192. » Nous avons déjà donné plusieurs moyens de régler en Mer les Montres ou Horloges , & nous avons

insisté beaucoup sur celui que fournissent les hauteurs « correspondantes du Soleil, prises devant & après midi. « Rien n'empêche de trouver de la même manière l'inf- « tant du passage de la Lune par le Méridien : on observera « la Planète à deux hauteurs exactement égales vers l'O- « rient & vers l'Occident, & il n'y aura qu'à prendre le « milieu entre les instans des deux observations. La Lune « changera de déclinaison dans l'intervalle : ainsi il faudra « corriger le résultat ; ce qu'on fera aisément en se servant « des Tables de la Connoissance des Temps que nous em- « ployons dans le cinquième Chapitre pour le Soleil. Il « n'y aura aucune différence, si ce n'est que la correction « fera presque toujours plus forte pour la Lune, à cause de « son plus grand changement en déclinaison. »

193. » Il y aura encore une petite attention à avoir, « mais qu'on pourra négliger pour l'ordinaire. C'est le « changement de parallaxe de la Lune. S'il y a cinq ou « six heures d'intervalle entre les observations, l'anoma- « lie augmentera d'environ 3 degrez qui ne produiront ja- « mais guère qu'un tiers de minute d'augmentation ou de « diminution dans la parallaxe horisontale, & le change- « ment sera encore moins grand, lorsque l'Astre sera confi- « dérablement élevé. En tout cas si on vouloit avoir égard « à cette petite différence, il n'y auroit qu'à augmenter « ou diminuer un peu la seconde hauteur, au lieu de la « rendre exactement égale à la première. Ce changement « du quart ou d'un sixième de minute se feroit sur l'instru- « ment. Si la parallaxe alloit en augmentant, elle feroit « paroître l'Astre plus bas. Ainsi pour avoir la Lune exa- « ctement à la même hauteur du côté de l'Occident que « du côté de l'Orient, il faudroit retrancher la petite quan- « tité dont la parallaxe seroit plus grande. Si au contraire « la parallaxe diminueoit, elle feroit paroître l'Astre un peu « plus haut, quoiqu'il fût réellement à la même hauteur ; « & il faudroit donc alors prendre avec l'instrument une «

» hauteur un peu plus grande pour avoir une observation
 » correspondante de la première.

194. » Pour répandre plus de lumière sur tout ce que
 » nous venons d'exposer, nous supposons qu'étant par
 » 40 degrez de hauteur polaire septentrionale le 27 Octo-
 » bre 1752, nous avons observé le Soleil à deux hauteurs
 » exactement égales le matin & le soir à 9 heures 43 min.
 » & à 2 heures 25 min. 30 sec. Le lendemain nous avons
 » observé le même Astre à d'autres hauteurs correspon-
 » dantes ou égales entr'elles à 8 heures 1 min. 30 sec.
 » & à 4 heures 5 min. 46 sec. & la nuit du 28 nous avons
 » pris des hauteurs correspondantes de la Lune vers l'O-
 » rient & vers l'Occident à 2 heures 0 min. 0 sec. & à
 » 7 heures 50 min. 40 sec. du matin.

195. » Nous ne devons pas manquer de faire remar-
 » quer d'abord que deux observations faites sur le Soleil
 » auroient suffi en calculant l'heure, comme nous l'avons
 » expliqué ci-devant N°. 123 & suivans. Il faut toujours
 » au moins s'assurer deux fois de l'état de l'Horloge ou de
 » la Montre, à moins qu'on ne déterminât l'heure, pres-
 » que dans le même instant que la Lune passe au Mé-
 » ridien. On a besoin dans tous les autres cas de deux ob-
 » servations faites à quelque intervalle l'une de l'autre,
 » parce que ce n'est pas assez de connoître l'état actuel
 » de l'Horloge, il faut encore connoître sa marche; & il
 » faut de plus que les observations sur la Lune soient fai-
 » tes dans cet intervalle, à cause de l'irrégularité à la-
 » quelle la Montre est sujette, tant par l'agitation de la
 » Mer, que par le changement continuel du Méridien
 » du Navire, qui fait que l'heure actuelle se rapporte sans
 » cesse à un midi ou à un minuit différent.

196. » Nous venons maintenant au calcul que de-
 » mande l'exemple que nous nous sommes proposé.
 » On trouvera d'abord que l'Horloge, lorsqu'il est midi
 » le 27, marque 12 heures 4 min. 29 sec. & que le len-

demain elle marquoit 12 heures 3 min. 53 sec. Ainsi «

elle avancera de moins «

en moins, ou ce qui re- «

vient au même, elle ira en «

retardant par jour de 36". «

197. En cherchant de «

la même manière l'instant «

du passage de la Lune par «

le Méridien, on trouve 4 h. «

55' 20"; mais il faut cor- «

riger ce passage à cause du «

changement en déclinaï- «

son de la Planète. Sa décli- «

naison fera d'environ 18 d. «

septentrionale; ce qui avec «

presque 6 heures d'inter- «

valle entre les observa- «

tions, ne donneroit que «

6" de correction, s'il s'a- «

gissoit du Soleil, mais la Lune change de déclinaison «

de 2 d. 54 min. en 24 heures, au lieu que le Soleil ne «

change que de 16 min. dans le même tems, lorsqu'il a «

la même déclinaison. Il est facile de trouver de com- «

bien le Soleil change en déclinaison, lorsqu'il est éloi- «

gné de l'Equateur de 18 degrez. On verra qu'il a cette «

déclinaison environ le 12 Nov. & on trouvera 16 min. «

pour la différence d'un jour à l'autre; mais il y a 2 d. «

54' entre les déclinaisons marquées pour la Lune le 28 «

& le 29 Octobre. Le dernier changement est donc en- «

viron 11 fois plus grand, & au lieu de la correction 6" «

qu'il faudroit appliquer au passage par le Méridien pour «

le Soleil, il faut employer environ 66 sec. ou 1 min. «

5" pour la Lune, & on ajoutera cette correction, par- «

ce que la Lune va en s'approchant du Pole abaissé. Nous «

avons donc 4 heures 56 min. 26 sec. pour l'heure mar- «

quée par l'Horloge, lorsque la Lune passe le 28 Octo- «

9 h. 43 m. 0"	
14 h. 25 m. 30"	
24 h. 8 m. 30"	
12 h. 4 m. 15"	Midi du 27.
14"	Correction.
12 h. 4 m. 29"	Midi corrigé du 27.
8 h. 1 m. 30"	
16 h. 5 m. 46"	
24 h. 7 m. 16"	
12 h. 3 m. 38"	Midi du 28.
15"	Correction.
12 h. 3 m. 53"	Midi corrigé du 28.
12 h. 4 m. 29"	Midi corrigé du 27.
12 h. 3 m. 53"	Midi corrigé du 28.
0 m. 36"	Quantité dont l'Horloge retarde par jour.
2 h. 0 m. 0'	
7 h. 50 m. 40"	
9 h. 50 m. 40"	
4 h. 55 m. 20"	Passage de la Lune par le Méridien.
1 m. 6"	Correction.
4 h. 56 m. 26"	Passage de la Lune au Mérid. selon l'Horloge.

» bre au matin par le Meridien, & il ne s'agit plus que
» de sçavoir quelle heure il est alors réellement.

198. » L'Horloge le 27 marque à midi $12^h. 4' 29''$;
» elle avance de $4' 29''$; mais, puisqu'elle retarde de $36''$
» en 24^h , elle doit retarder d'environ $25\frac{1}{2}''$ depuis le midi
» du 27 jusqu'à $4^h. 56\frac{1}{2}'$ du matin du 28. C'est ce qu'on
» trouve par cette petite règle de Trois ; si $24^h.$ donnent
» $36''$ de retardement, combien $17^h.$ donneront-elles ?
» L'Horloge, au lieu d'avancer de $4' 29''$, ne doit donc
» avancer que de $4' 29''$ moins $25\frac{1}{2}''$; ou de $4' 3\frac{1}{2}''$; & puis-
» qu'elle avance encore de cette quantité, il faut rabattre
» $4' 3\frac{1}{2}''$ de l'heure du passage $4^h. 56' 26''$ que marque
» l'Horloge pour la Lune. On aura par conséquent $4^h. 52'$
» $22\frac{1}{2}''$ pour l'heure précise ou vraie qu'il étoit, lorsque la
» Lune passoit au Méridien. Ce passage est marqué pour
» Paris à $4^h. 40'$. Il y a donc $12' 22\frac{1}{2}''$ de différence, qui
» répond à la différence des Méridiens ; & on est à l'Occi-
» dent, puisque la Lune a passé au Méridien après l'heure
» marquée pour Paris dans le Livre de la Connoissance des
» Tems.

199. » Il ne reste plus après cela qu'à voir combien
» $12\frac{1}{3}'$ donnent de différence en longitude à proportion
» de $58'$ qui répondent à 360 degrez. La règle de Trois
» étant faite, il vient environ 77 degrez pour la quantité
» dont on est à l'Occident de Paris ; on est par conséquent
» 57 deg. à l'Occident de l'Isle-de-Fer, & par 303 deg
» de longitude. «

200. La méthode précédente de trouver la longitude
en Mer, n'exige aucun travail difficile, ni rien qui soit
au-dessus de la portée de la plupart des Pilotes. Elle de-
viendra plus exacte à mesure qu'on perfectionnera les Ta-
bles du mouvement de la Lune ; & elle est immédiate de
même que les deux autres. Elles ne dépendent nulle-
ment du succès de toutes les observations qu'on peut
avoir faites antécédemment depuis qu'on est en Mer ; &
s'il étoit possible qu'on eût perdu le fil de sa navigation,
on

on le retrouveroit. Mais quand même ces méthodes seroient d'une précision & d'une étendue qu'elles n'ont pas, le Ciel peut se trouver couvert, & toutes les observations célestes peuvent manquer lorsqu'on est proche d'une côte, & qu'il s'agit d'aller la reconnoître. Il n'est pas même douteux que toutes les méthodes de trouver immédiatement la longitude, qu'on imaginera dans la suite, ne soient sujettes au même inconvénient. Ainsi on peut assurer que les Pilotes ne seront jamais dispensés d'examiner continuellement le rumb qu'ils suivent, & de tenir compte de la quantité du chemin qu'ils font, pour pouvoir déterminer l'endroit de la Mer où ils sont, par la réduction de leurs routes. Nous avons satisfait à tout ce que nous avons promis sur les autres articles ; mais il nous reste à expliquer davantage ce dernier, en suppléant à l'usage des Cartes Marines qui nous a paru trop limité à cet égard.



LIVRE CINQUIÈME,

*De la Résolution des Routes de Navigation
 par diverses Méthodes.*

PREMIERE SECTION,

Dans laquelle on explique la manière de
 naviguer par le Quartier de Réduction.

CHAPITRE PREMIER.

*Description du Quartier de Réduction , &
 Usage de cet Instrument pour la Résolution
 des Routes.*

I.

I. **O**N a imaginé un grand nombre de différentes méthodes & de différens instrumens pour réduire les routes de Navigation ; mais comme il n'a pas été possible de trouver rien de plus simple ni de plus naturel que le Quartier de réduction , dont les Pilotes François se servent par préférence , nous partagerons ce cinquième Livre en deux Sections , & nous destinerons la première à l'explication de l'usage de cet instrument. Le

Quartier de réduction est comme une Carte qui convient à tous les endroits du Globe terrestre. On pointe, pour ainsi dire, les routes sur cet instrument; & après avoir vû la latitude & la longitude où elles conduisent, on transfère le point sur la Carte réduite.

2. Le Quartier est partagé en plusieurs petits quarrés par des lignes droites qui se coupent perpendiculairement; les unes sont les lignes Nord & Sud, & les autres les lignes Est & Ouest. Il y a aussi sur cette figure plusieurs quarts de cercles tracés qui ont leur centre dans un des angles; il part de ce même point plusieurs rayons qui font les uns avec les autres des angles de 11 deg. 15 min. & qui marquent les rumbes de vent. On voit un Quartier de réduction à la fin de ce Livre; il faut le coller sur une feuille de carton, & attacher un fil ou un crin au centre des arcs de cercles, pour suppléer aux rayons ou rumbes de vent qu'on ne peut pas tracer en assez grand nombre.

3. Il est facile de former sur cet instrument tous les triangles - rectangles possibles. Le fil qu'on peut tendre sur quelle direction on veut, représente l'hypothénuse. On en règle la longueur par le moyen des arcs qui sont également éloignés les uns des autres, & dont les intervalles se comptent aisément par la manière dont ils sont distingués de cinq en cinq. On voit avec la même facilité la longueur des deux autres côtés par le moyen des autres lignes, qui laissent aussi entr'elles des intervalles égaux.

I I.

*Trouver combien une Route nous porte vers
le Nord ou vers le Sud, & vers l'Est
ou vers l'Ouest.*

4. Le point C, lorsqu'il s'agit de réduire chaque route de Navigation, est toujours le point du départ. L'instrument peut représenter également chaque quart de l'Ho-

rison. On peut prendre aussi bien le rayon CA pour le Sud que pour le Nord, & le rayon CB tient également lieu de l'Ouest que de l'Est. Le Quartier de réduction satisfait à cet égard à tous les besoins du Pilote, parce que les quatre portions de l'Horison sont divisées dans le même nombre de rumbes de vent. Si l'on a couru au NE, on prendra la ligne CA pour le Nord, & CB pour l'Est; & la ligne du milieu fera le NE; on aura le NNE entre le Nord & le NE, &c. De même si l'on veut courir à l'O SO, on prendra la ligne CA pour le Sud, & CB pour l'Ouest; la ligne du milieu fera le SO, & le rayon qui est entre l'Ouest & le SO, fera l'O SO. La ligne qui représente le NE ou le SO, peut aussi, comme il est évident, représenter le NO ou le SE, & ainsi des autres.

5. Un des grands avantages du Quartier, c'est qu'il sert à rendre sensibles les plus petites quantités. Si l'on n'a fait que très-peu de chemin, on peut prendre ses grands intervalles pour des lieues ou pour des tiers de lieue, & il suffit de n'en pas changer la valeur pendant la même opération. Si on a couru un grand nombre de lieues, on prend les petits intervalles pour une lieue, pour quatre ou pour huit, &c. & les grands intervalles en valent cinq, vingt ou quarante, &c.

6. *Exemple.* On a couru 46 lieues au $NO\frac{1}{4}N$. On veut sçavoir combien on a avancé vers le Nord & vers l'Ouest?

Je prends la ligne CA pour le Nord, & la ligne CB pour l'Ouest; la ligne du milieu fera le NO, & CD fera le $NO\frac{1}{4}N$. Je fais valoir après cela chaque petit intervalle une lieue, les grands intervalles en vaudront cinq; ce qui m'aide à compter les 46 lieues par le moyen des arcs. Elles se terminent en E , où je plante une épingle pour marquer le point de l'arrivée. Je compte ensuite les intervalles qu'il y a depuis F jusqu'en E , & j'ai les lieues avancées vers le Nord, qui sont d'environ $38\frac{1}{4}$. La quantité dont j'ai avancé vers l'Ouest, ou dont je me suis éloigné du Méridien vers l'Occident, est marquée par GE ,

& elle est presque de 25 lieues deux tiers.

7. *Second Exemple.* On a couru 206 lieues au NNE. On demande combien on a avancé de lieues vers le Nord & vers l'Est ?

La ligne *CH* est le NNE. On ne fera pas valoir chaque petit intervalle une lieue : car le Quartier de réduction ne se trouveroit pas assez grand ; on les prendra pour 4 lieues, & les grands en vaudront 20. On comptera donc de 20 lieues en 20 lieues, jusqu'à 200, & on prendra de plus un petit intervalle & la moitié d'un autre, pour achever les 206 lieues depuis *C* jusqu'en *O* où on piquera une épingle. On verra ensuite qu'on a fait 190 lieues au Nord ou dans le sens des lignes Nord & Sud, & environ 79 lieues vers l'Est.

III.

Réduction des Lieues courues au Nord ou Sud, en degrez de différence en latitude.

8. On ne cherche les lieues qu'on a avancé vers le Nord ou vers le Sud, que pour sçavoir le nombre de degrez & de minutes dont on a changé en latitude. On les convertit en degrez en les divisant par 20 ; & pour faire cette opération d'une manière bien courte, il n'y a qu'à retrancher la figure qui est à droite, & prendre la moitié du nombre qui reste à gauche. Cette moitié donnera les degrez, & il faudra multiplier par 3 la figure retranchée pour avoir les minutes de surplus. Si on a, par exemple, avancé 62 lieues au Nord, la différence en latitude sera de 3 deg. 6 min. On multiplie par 3 la figure retranchée, parce que, comme nous l'avons vû ci-devant, chaque lieue marine vaut trois minutes de degré.

9. Si l'on avoit avancé 215 lieues & un tiers vers le Nord ou vers le Sud, on trouveroit de la même manière en convertissant ces lieues en degrez, que la différence en latitude est de 10 deg. 46 min. Lorsqu'on retranche

La figure 5, on a du côté gauche 21 qui valent 10 deg. 30 min. Les 5 lieues retranchées valent 15 min. de plus, & il faut encore mettre une minute pour le tiers de lieue.

10. On trouvera de la même manière que les $38\frac{1}{4}$ li. que nous avons avancé vers le Nord dans le premier exemple de l'article précédent, valent environ $1^d. 55^m$, de différence en latitude, & que les 190 du second exemple valent $9^d. 30^m$.

11. La différente signification que nous donnons au mot de degrez, lorsque nous parlons de différence en latitude ou de rumb de vent, ne cause sans doute aucune confusion dans l'esprit des Lecteurs. Cependant nous ajouterons ici, pour un plus grand éclaircissement, que le degre a toujours rapport à un certain point pris pour centre. Si au lieu de suivre un certain rumb de vent sur la Bouffole, on prend quelques degrez plus vers le Nord ou vers le Sud; ces degrez ne produiront sur les premières parties de la route qu'un petit changement, & ils en produiront de plus en plus, à mesure qu'on fera plus de chemin; mais en général on ne peut pas dire qu'ils valent tant de toises ou tant de lieues, parce qu'ils ne font que mesurer la grandeur d'un angle, celui que forment les deux routes ou les deux rumb de vent qui partent du centre de la Bouffole, & dont la longueur n'est pas déterminée: moins loin, la distance entre les deux rumb de vent fera moindre; & plus loin, elle sera plus grande, quoiqu'elle soit toujours du même nombre de degrez ou de minutes. Les degrez de latitude, & ceux de longitude pris sur l'Equateur, se rapportent de même au centre du Globe, c'est-à-dire, qu'ils sont compris entre les rayons qui partent de ce point. Mais la Terre a une certaine grosseur; ainsi ses degrez sont pris à une distance déterminée du centre, & ils ont aussi une grandeur donnée, qui est de 20 lieues dans les grands cercles, à cause de la grosseur du Globe & des mesures qu'on a prises pour régler la grandeur de la lieue.

IV.

Que la rondeur de la Terre n'empêche pas que les opérations précédentes faites sur le Quartier de Réduction, ne soient exactes.

12. Nous croyons qu'il est plus nécessaire de faire remarquer que le Quartier de réduction ne participe pas au défaut que nous avons remarqué ci-devant dans les Cartes plates. Les rumbes de vent sur la surface de la Terre, sont des lignes courbes; mais on peut, comme on va le voir, les représenter sur le Quartier de réduction par des lignes droites sans inconvénient. On n'a qu'à jeter les yeux sur la Figure 53, & se souvenir que les loxodromies ou lignes courbes qu'on trace sur la surface de la Terre, en se servant de la Boussole, sont toujours un angle égal avec chaque Méridien, ou ligne Nord & Sud qu'elles rencontrent. Si on suppose après cela que la loxodromie est divisée en plusieurs petites portions comme AF , FG , GH , &c. chacune de ces petites parties produira une petite différence en latitude AL , FM , GN , &c. & il faut considérer qu'il y a le même rapport d'une portion de la loxodromie, comme AF , à sa différence en latitude correspondante AL , que de toute autre portion de la même loxodromie, comme FG ou HI , &c. à sa petite différence en latitude FM ou HO . Ainsi c'est précisément la même chose à cet égard que si les loxodromies ou rumbes de vent étoient des lignes droites, & que les Méridiens fussent parallèles entr'eux. Il s'en manque beaucoup que AQI ne soit un triangle-rectiligne-rectangle sur la surface de la Mer; mais néanmoins on peut le considérer comme tel sur le Quartier de réduction, lorsqu'il s'agit de trouver le rapport du chemin à la différence en latitude. On trouve tout d'un coup sur cet instrument la somme de toutes les petites différences en latitude AL , FM , GN , &c. lesquelles jointes ensemble forment AQ ou DI .

Fig. 53.

Fig. 53.

I 3. L'opération qui donne les lieues avancées vers l'Est ou vers l'Ouest, est également régulière ; pourvu qu'elle soit prise dans un certain sens, & qu'elle soit bien entendue. On trouve la somme de toutes les petites parties LF , MG , NH , &c. mais ces petites parties restent toujours séparées, & elles ne forment pas une ligne continue sur la surface du Globe ; outre cela ces petites lignes jointes ensemble ne sont égales ni à QI ni à AD . Nous courons, par exemple, 100 lieues au NE : on verra sur le Quartier de réduction que nous avancerons environ 70 li. & deux tiers vers le Nord, & la même quantité à l'Est. Il y aura réellement $70\frac{2}{3}$ lieues depuis A jusqu'en Q , ou depuis D jusqu'en I ; c'est le progrès vers le Nord ou le changement en latitude. Mais ce ne sera pas la même chose des $70\frac{2}{3}$ lieues à l'Est ; elles seront courues par une infinité de petites portions sur différens paralleles ; & jointes ensemble elles seront plus grandes que QI , & moindres que AD .

I 4. On suppose dans la pratique de la Navigation que ces petites parties forment par leur addition la quantité XY qui tient à peu près le milieu entre QI & AD . Cette supposition, quoiqu'elle ne soit pas vraie dans la rigueur, ne peut produire aucune erreur sensible dans le Pilotage, à cause de la petitesse ordinaire des routes. Ainsi les $70\frac{2}{3}$ li. dont le Quartier de réduction nous apprend que nous avons avancé vers l'Est, lorsque nous avons couru 100 li. au NE, depuis A jusqu'en I , ne sont censées avoir été faites ni depuis A jusqu'en D sur le parallele de la latitude du départ, ni depuis Q jusqu'en I sur le parallele de l'arrivée : on les suppose faites depuis X jusqu'en Y par une latitude moyenne.

I 5. Mais ces mêmes lieues avancées vers l'Est ou vers l'Ouest doivent produire plus ou moins de différence en longitude, selon qu'on est plus ou moins loin de l'Equateur. Si l'on court 20 lieues à l'Est ou à l'Ouest dans la Zone torride, on ne change guère que d'un degré en longitude,

longitude, au lieu que 20 lieues courues à l'Est par 60 degrez de latitude, donneroient 2 degrez de différence en longitude, parce que les degrez de longitude sont deux fois plus petits par cette grande latitude. Les lieues que nous avons avancées vers l'Est ou vers l'Ouest, & que nous sommes obligés d'imaginer au milieu de notre route, ont donc besoin d'une réduction particulière, pour que nous ayons notre différence en longitude. Autrement le Quartier de réduction deviendroit absolument semblable à la Carte plate, & il seroit sujet à la même imperfection.

V.

*Méthode de réduire en degrez de longitude
les Lieues avancées vers l'Est, ou
vers l'Ouest.*

16. Il s'agit lorsqu'on a avancé vers l'Est ou vers l'Ouest un certain nombre de lieues sur un parallele à l'Equateur, de trouver à combien de lieues, elles répondent sur l'Equateur même. On a, par exemple, fait 200 lieues vers l'Est sur le Globe terrestre de la *Figure 37* depuis *T* jusqu'en *L*: ces 200 lieues, si elles étoient courues sur un grand cercle, vaudroient 10 degrez; mais dans le cas présent elles doivent valoir davantage, à cause de la petitesse des degrez du parallele *BC*. Nous n'avons qu'à chercher de combien est l'intervalle *ZA* auquel elles répondent sur l'Equateur: les espaces *TL* & *ZA* sont équivalens quant à la longitude, parce qu'ils sont compris entre les mêmes Méridiens.

Fig. 37

17. Ainsi lorsque nous aurons trouvé *ZA* en lieues; nous n'aurons qu'à le réduire en degrez, par l'évaluation de 20 au degré, & nous aurons la différence en longitude que produit *TL*. Supposé que l'opération que nous allons expliquer nous apprenne que *ZA* est de 300 lieues, pendant que *TL* est de 200, nous en concluons

Fig. 37.

que les 200 lieues faites sur TL valent 15 degrez de différence en longitude, parce qu'elles répondent exactement à 300 lieues qu'on auroit faites sur l'Equateur, depuis Z jusqu'en A .

18. Lorsqu'on a recours à cette opération, on réduit les lieues mineures en lieues majeures. Feu mon pere trouva cette expreffion autorisée dans la Marine, il s'en servit dans son Traité complet de la Navigation, & elle est en usage. Elle signifie qu'ayant couru un certain nombre de lieues sur un parallele, qui est un petit cercle, on cherche à combien de lieues elles sont équivalentes sur l'Equateur qui est un grand cercle, ou cercle majeur. On a fait 200 lieues depuis T jusqu'en L ; on les nomme *lieues mineures*, à cause de leur situation; elles sont chacune aussi longues que les autres, mais elles sont courues sur un cercle mineur: nous voulons sçavoir combien ces 200 lieues mineures valent de degrez de longitude; nous les réduisons en *lieues majeures*; c'est-à-dire, que nous cherchons à combien de lieues elles répondent sur l'Equateur, qui est un grand cercle. Nous trouvons qu'il y a 300 lieues depuis Z jusqu'en A ; les 200 lieues mineures valent autant que 300 lieues majeures, & elles produisent donc 15 degrez en longitude.

19. La réduction des lieues mineures en lieues majeures se fait fort aisément. Il est évident que sur le Globe les espaces TL & ZA pris absolument, ou mesurés en lieues, sont dans le même rapport que les circonférences des cercles dont ils font parties. D'un autre côté ces circonférences sont dans le même rapport que leurs rayons. Ainsi l'espace ZA est plus grand que TL , dans le même rapport que le rayon de l'Equateur est plus grand que le rayon du parallele BC ; & il suit de-là que pour réduire les lieues mineures TL en lieues majeures ZA , il n'y a qu'à augmenter le nombre des premières dans le même rapport que le rayon de l'Equateur est plus grand que le rayon du parallele.

20. Supposé que CB (Fig. 33.) représente la moitié de l'axe de la Terre, & que C soit le centre, B un des Poles, CA un rayon de l'Equateur, & que AD marque la latitude de l'endroit où l'on est; il n'y a qu'à étendre les lieues mineures depuis F jusqu'en D , & on aura les lieues majeures depuis C jusqu'en A , ou depuis C jusqu'en D . Il est évident qu'on ne fait par cette opération que mettre entre les lieues mineures FD & les lieues majeures CA , le même rapport qu'il y a sur le Globe (Fig. 37.) entre TL & ZA . Si les lieues mineures formoient un plus grand espace que FD , il n'y auroit qu'à les étendre au-dessus, comme depuis B jusqu'en H ; & si du point C , comme centre, & de l'intervalle CH , on décriroit un plus grand cercle, on auroit les lieues majeures sur CA prolongée, ou, ce qui revient au même, on les auroit depuis C jusqu'en H . La latitude seroit toujours la même, & il y auroit toujours le même rapport entre les lieues mineures & les lieues majeures.

Fig. 33.

21. Pour exécuter l'opération précédente sur le Quartier de réduction, on compte les degrez de latitude sur le quart de cercle gradué, en commençant au point B . Le Quartier ne représente pas alors l'Horison, ou la surface de la Mer, mais le quart du Méridien terrestre; la ligne CB prolongée plus ou moins, représente le rayon de l'Equateur, & CA la moitié de l'axe de la Terre. On tend le fil sur la latitude: on compte ensuite les lieues mineures parallelement à CB , jusqu'à la rencontre du fil sur lequel on plante une épingle; & on a le long du fil les lieues majeures qu'on compte sur les arcs, & qu'il ne reste plus qu'à évaluer, en prenant chaque 20 lieues pour un degré.

22. *Premier Exemple.* On est par 42 degrez de latitude, & on a avancé 61 lieues à l'Est ou à l'Ouest. On demande le changement en longitude?

Après avoir compté 42 degrez sur le quart de cercle AB du Quartier de réduction, depuis le point B , je tends

Fig. 37.

le fil sur ce nombre de degrez ; sa situation est représentée par une ligne ponctuée. Je compte ensuite les 61 lieues mineures parallelement à CB , depuis I jusqu'en K , & je plante une épingle dans ce dernier point : j'ai fait valoir les petits intervalles 2 lieues, & les grands 10. Je trouve enfin les lieues majeures le long du fil, en les comptant par le moyen des arcs, & j'ai 82 lieues depuis C jusqu'en K . Ainsi 61 lieues mineures, ou 61 lieues courbées à l'Est ou à l'Ouest, lorsqu'on est éloigné de l'Equateur de 42 deg. sont équivalentes à environ 82 lieues majeures, ou à 82 lieues courbées sur l'Equateur ; c'est-à-dire, qu'elles valent 4 deg. 6 min.

23. *Second Exemple.* On est par 50 deg. 30 min. de latitude, & on a avancé 105 lieues à l'Est ou à l'Ouest. On demande combien on a changé en longitude ?

On tendra le fil sur 50 deg. 30 min. de latitude, & comptant les 105 lieues mineures parallelement à CB , on s'arrêtera à la rencontre du fil, & on y plantera une épingle. On trouvera ensuite le long du fil environ 165 $\frac{2}{3}$ lieues majeures, qui valent 8 deg. 17 min. de différence en longitude.

24. Il faut bien se ressouvenir que les lieues mineures doivent toujours se compter parallelement au rayon de l'Equateur, ou qu'elles doivent se trouver étendues selon le Sinus complément de la latitude. C'est ce qu'on voit évidemment dans la *Figure 33*. La latitude se compte depuis A jusqu'en D , & le complément se trouve depuis D jusqu'en B . Le Sinus de ce dernier arc est FD , & il représente les lieues mineures, pendant que le Sinus total CD ou CB représente les lieues majeures. Les explications précédentes étant supposées, on ne trouvera aucune difficulté dans les Problèmes de Navigation que nous allons nous proposer : nous ne ferons toujours pour les résoudre que répéter les opérations précédentes.



CHAPITRE II.

Résolution des Problèmes généraux de Navigation par le Quartier de Réduction.

25. **O**N a vû, lorsque nous avons traité des Cartes Marines, qu'il se présente plusieurs Problèmes, selon les différentes particularités qu'on connoît de la route, & celles qu'on veut découvrir. Nous allons parcourir ces Problèmes, en les éclaircissant par des exemples.

I.

PREMIER PROBLEME GENERAL.

26. On connoît dans ce premier Problème le point du départ, le rumb de vent qu'on a suivi, & le nombre de lieues qu'on a courues. Il s'agit de déterminer le point d'arrivée.

27. *Premier Exemple.* On est parti de 40 deg. 45 min. de latitude Nord, & de 15 deg. 20 min. de longitude. On a couru 60 lieues au NE $\frac{1}{4}$ N. On demande la latitude & la longitude d'arrivée ?

	deg.	min.	
Latitude du départ Nord.	40	45	50 Lieues Nord.
Différence en latitude Nord	2	30	33 $\frac{1}{2}$ Lieues mineures Est.
Latitude d'arrivée Nord	43	15	40 d. 45 m.
Moyen parallèle.	42	0	43 15
Longitude du départ.	15	20	84 d. 0 m.
Différence en longitude Est	2	15	42 d. 0 m. Moyen parall.
Longitude d'arrivée.	17	35	45 Lieues majeures Est.

E X P L I C A T I O N.

28. On disposera les articles comme ci-dessus, en les écrivant, & on mettra vis-à-vis les quantités qu'on con-

noît déjà, telles que la latitude du départ 40 deg. 45 min. & la longitude 15 deg. 20 min. On remplira les autres articles à mesure qu'on avancera dans l'opération. On comptera sur le Quartier de réduction 60 lieues le long du $NE\frac{1}{4}N$. Ce rumb de vent est représenté par la ligne CD , pendant qu'on prend CA pour le Nord, & CB pour l'Est. Les 60 lieues se termineront en L , si l'on prend les petits intervalles pour 2 lieues, & les grands pour 10. L'épingle étant piquée dans le point L , on aura les lieues Nord le long de QL , on en trouvera 50, & les lieues Est ou les lieues mineures se trouveront le long de PL : on verra qu'il y en a environ $33\frac{1}{2}$. On écrira ces lieues à part de même que les lieues Nord, comme on le voit ci-dessus.

29. On réduira ensuite les lieues Nord, en se ressouvenant que chaque degré de latitude est de 20 lieues; ainsi nos 50 lieues au Nord valent 2 deg. 30 min. de différence en latitude, qui est Nord, parce qu'on a couru au Nord: on écrit cette différence en latitude dans son article, & il faut l'ajouter avec la latitude du départ, parce qu'on s'est éloigné de l'Equateur. On trouve 43 deg. 15 min. pour la latitude d'arrivée.

30. La réduction en degrez de longitude des $33\frac{1}{2}$ lieues mineures Est, demande, comme on le sçait déjà, un peu plus de peine. Ces $33\frac{1}{2}$ lieues sont courues sur un petit cercle: ce sont des lieues mineures, & il faut les réduire en lieues majeures; c'est-à-dire qu'il faut chercher à combien de lieues elles répondent sur l'Equateur. On fait une somme des deux latitudes, & on en prend la moitié pour avoir le *moyen parallele*, 42 deg. 0 min. C'est sur ce moyen parallele qu'il faudra réduire les $33\frac{1}{2}$ lieues mineures en lieues majeures. Nous ne devons les réduire ni sur le parallele de la latitude du départ, ni sur celui de la latitude d'arrivée, mais sur le parallele de la latitude qui tient le milieu, conformément à la remarque que nous avons faite plus haut (N°. 14.)

31. Il faut donc compter 42 degrez sur l'arc gradué de

Quartier de réduction, en commençant au point *B*. On tendra le fil, & on comptera ensuite les lieues mineures parallèlement au côté *CB*; ou ce qui revient au même, on n'a qu'à faire monter ou descendre parallèlement aux lignes Nord & Sud l'épingle qui étoit en *L*, & on la plantera dans le point *M*, où on rencontre le fil du moyen parallèle. Ce sera précisément la même chose que si l'on comptoit les lieues mineures depuis *N* jusqu'en *M*; & on aura sur les arcs le long du fil, 45 lieues majeures qui valent 2 deg. 15 min. de différence en longitude. On ajoutera cette différence, parce qu'en courant à l'Est, on augmente en longitude. Il vient donc 17 deg. 35 min. pour la longitude d'arrivée: & le Problème est entièrement résolu.

32. *Second Exemple.* On est parti de 50 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 359 deg. 6 min. de longitude; on a couru 40 lieues au SE 3 deg. E. On demande la latitude & longitude d'arrivée.

	deg.	min.	
Latitude du départ N.	50	30	26 $\frac{1}{2}$ Lieues Sud.
Différence en latitude S	1	20	29 $\frac{1}{2}$ Lieues mineures Est.
Latitude d'arrivée N.	49	10	50 d. 30 m.
Moyen parallèle.	49	50	49 10
Longitude du départ	359	6	99 d. 40 m.
Différence en longitude E.	2	19	49 d. 50 m. Moyen parall.
Longitude d'arrivée.	1	25	46 $\frac{1}{2}$ Lieues majeures Est.

EXPLICATION.

33. Après avoir disposé les articles comme ci-dessus, je tends le fil du Quartier de réduction sur le SE 3^d. E, pour représenter la route que nous avons faite. Cette direction est marquée par la ligne ponctuée *CK*, lorsqu'on prend la ligne *CA* pour le Sud, & la ligne *CB* pour l'Est; la ligne *CK* est éloignée du SE de 3 degrez vers l'Est. Je compte après cela le long du fil les 40 lieues que j'ai courues, & je pique une épingle dans le point où elles se terminent. On peut prendre les petits intervalles pour deux lieues, ou pour une lieue; mais nous préférons ici cette seconde manière de compter,

afin de rendre plus sensibles les moindres parties de la lieue. Je pique l'épingle dans le point *R*, & je trouve que je me suis écarté de la ligne Est & Ouest *CB*, de $26\frac{2}{3}$ li. qui est la quantité dont je suis descendu vers le Sud ; & je vois en même tems que je me suis éloigné de la ligne Nord & Sud *CA*, de $29\frac{1}{4}$ lieues, & ce sont mes lieues mineures, qui sont Est.

34. Les $26\frac{2}{3}$ lieues au Sud valent 1 degré 20 min. de différence en latitude Sud. C'est toujours le sens dans lequel on marche qui règle la dénomination de la différence en latitude : quoiqu'on soit dans la partie du Nord de la Terre, la différence en latitude est Sud, toutes les fois que la route qu'on suit tient quelque chose du Sud. Il faut dans le cas présent la soustraire de la latitude du départ, puisqu'on s'est approché de l'Equateur. Le moyen parallèle sera 49 deg. 50 min. & si après avoir tendu le fil sur ce nombre de degrez, qu'on fera commencer en *B*, on compte les lieues mineures de côté, ou si on fait monter l'épingle parallèlement aux lignes Nord & Sud, jusqu'à la rencontre du fil, on trouvera par les arcs, $46\frac{1}{3}$ lieues majeures, qui valent 2 deg. 19 min. de différence en longitude. Nous avons ajouté cette différence à la longitude du départ, parce que nous avons couru à l'Est. Il nous vient donc 361 deg. 25 min. ou 1 degré 25 minutes, pour la longitude d'arrivée, en rejetant 360 degrez.

35. *Troisième Exemple.* On est parti de 55 deg. de latitude Sud, & de 2 deg. 50 min. longitude : on a couru 200 lieues au S O $\frac{1}{4}$ O. On demande la latitude & longitude d'arrivée?

	deg.	min.	
Latitude du départ S	55		111 Lieues Sud.
Différence en latitude S	5	33	166 $\frac{1}{3}$ Lieues mineur. Ouest.
Latitude d'arrivée S	60	33	55 d.
Moyen parallèle	57	46	60 d. 33 m.
Longitude du départ	362	50	115 p. 33 m.
Différence en longitude O	15	39	57 46 Moyen parall.
Longitude d'arrivée.	347	11	313 Lieues majeur. Ouest.

EXPLICATION.

E X P L I C A T I O N.

36. Nous avons ajouté la différence en latitude à la latitude de départ, parce qu'en courant au Sud, nous sommes éloignés de l'Equateur. Quant à la longitude, nous avons diminué, en courant à l'Ouest; mais comme notre longitude du départ n'étoit pas assez grande pour pouvoir faire la soustraction, au lieu d'écrire 2 deg. 50 min. nous avons mis 362 deg. 50 min. ce qui est précisément la même chose, & nous avons trouvé 347 deg. 11 min. pour la longitude d'arrivée. Nous avons passé le premier Méridien, & nous sommes arrivés de l'autre côté: ce seroit 12 deg. 49 min. de longitude Occidentale, selon la maniere de compter de quelques Pilotes.

37. *Quatrième Exemple.* On est parti de 0 deg. 15 min. de latitude Sud, & de 15 deg. 30 min. de longitude; on a couru $53\frac{1}{2}$ lieues au NNO de la Bouffole, pendant que la variation étoit de 10 deg. NO. On demande la latitude & la longitude d'arrivée?

	deg.	min.	
Latitude du départ S	0	15	45 Lieues Nord.
Différence en latitude N	2	15	29 Lieues mineures Ouest.
Latitude d'arrivée N	2	0	
Moyen parallèle	1	0	
Longitude du départ	15	30	29 Lieues majeures Ouest.
Différence en longitude O	1	27	
Longitude d'arrivée	14	3	

38. Nous supposons dans cet Exemple que la Bouffole a de la variation; & puisque cette variation est de 10 deg. NO, il est évident que pendant que nous croyions courir au NNO, nous avons couru effectivement au NNO 10 deg. O. Il ne faut donc pas tendre le fil sur la ligne CH, qui représente le NNO; mais il faut s'en écarter de 10 deg. vers CB, qui représente l'Ouest, pendant que CA représente le Nord. Nous avons ensuite pris chaque petit intervalle pour une lieue, & ayant planté l'é-

pingle en T, nous trouvons que nous avons avancé de 45 lieues vers le Nord, & de 29 vers l'Ouest.

39. On n'étoit d'abord que par 0 deg. 15 min. de latitude Sud, & puisqu'on a avancé 45 lieues vers le Nord, ou 2 degrez 15 minutes, on a traversé l'Equateur, & on est parvenu à 2 degrez de latitude Septentrionale. On doit passer ainsi d'un Hémisphere dans un autre, toutes les fois qu'on court vers l'Equateur, & que la différence en latitude est plus grande que la latitude du départ. Les Commençans n'ont qu'à jeter les yeux sur la Carte réduite, pour dissiper toutes les difficultés qui se présentent à eux sur ce sujet. Lorsque les latitudes sont de différentes dénominations, celle du départ & celle d'arrivée, on se contente de prendre le moyen parallele pour la plus forte; c'est-à-dire, qu'on prend la moitié de la plus grande. Les lieues mineures & les lieues majeures sont ici sensiblement égales, parce qu'on est à très-peu de distance de l'Equateur.

I I.

SECOND PROBLEME GENERAL.

40. On connoît le point du départ, le rumb de vent qu'on a suivi, & la latitude d'arrivée. On demande la longueur du chemin qu'on a fait, & la longitude d'arrivée.

41. *Premier Exemple.* On est parti de 40 deg. 45 min. latitude Sud, & de 250 deg. de longitude, on a couru au S E $\frac{1}{4}$ S, jusques par la latitude de 43 deg. 15 min. aussi Sud. On demande le nombre de lieues qu'on a courues, & la longitude de l'arrivée?

	deg.	min.	
Latitude du départ S	40	45	33 $\frac{1}{2}$ Lieues mineures Est.
Latitude d'arrivée S	43	15	40 d. 45 m.
Différence en latitude S.	2	30	43 15
Moyen parallele.	42	0	84 d. 0 m.
Longitude du départ	250	0	42 0 Moyen parall.
Différence en longitude E.	2	15	
Longitude d'arrivée	252	15	45 Lieues majeures Est.
Lieues de distance 60.			

E X P L I C A T I O N.

42. On écrit les articles dans l'ordre qu'on voit ci-dessus, en remplissant ceux dont on connoît les quantités. On ôte une latitude de l'autre, & on peut, si on le veut, pour rendre l'opération plus facile, mettre toujours la plus grande latitude la première. Il vient dans cet Exemple 2 deg. 30 min. pour la différence en latitude, laquelle vaut 50 lieues qu'on a avancées vers le Sud. Il faudra après cela tendre le fil sur le rumb de vent, c'est-à-dire, sur la ligne CD , qui représente le $SE \frac{1}{4} S$, & on comptera, en s'éloignant de CB , les 50 lieues dont on a avancé vers le Sud, ou dont on a changé de latitude. Si l'on prend chaque petit intervalle pour 2 lieues, les 50 lieues comptées parallèlement à CA , viendront se terminer au point L , où on plantera une épingle. On aura depuis C jusqu'en L les lieues de distance ou la quantité du chemin qu'on a fait; elle est de 60 lieues, & les lieues mineures E feront de $33 \frac{1}{2}$ le long de PL .

43. On cherchera ensuite le moyen parallèle comme à l'ordinaire, & réduisant les lieues mineures en lieues majeures, on en trouvera 45, qui valent 2 deg. 15 min. de différence en longitude, qu'on ajoutera, parce que la route a été faite vers l'Est.

44. *Second Exemple.* On est parti de 50 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 1 degré de longitude, on a couru au SE sur un compas qui avoit 3 degrez de variation NO , jusqu'à ce qu'on soit arrivé par 49 deg. 10 min. de latitude aussi Nord. On demande les lieues de distance & la longitude d'arrivée?

	deg.	min.	
Latitude du départ N	50	30	29 $\frac{1}{4}$ Lieues mineures Est.
Latitude d'arrivée N	49	10	50 d. 30 m.
Différence en latitude S.	1	20	49 10
Moyen parallèle	49	50	99 d. 40 m.
Longitude du départ	1		49 50 Moyen parall.
Différence en longitude E.	2	19	
Longitude d'arrivée.	3	19	46 $\frac{1}{2}$ Lieues majeures Est.
Lieues de distance 40.			

45. Nous avons supposé dans cet exemple que la Bouffole avoit 3 degrez de variation N O ; ce qui a dû tromper le Pilote , sur la direction de sa route. Lorsque la variation est N O , tous les rumb de vent de la Bouffole du côté de l'Ouest , doivent s'approcher du Sud , & les rumb de vent de l'Est doivent s'approcher du Nord. Ainsi pendant qu'on s'imaginait suivre le S E , on couroit effectivement au S E 3 deg. E , & c'est donc ce dernier rumb de vent qu'il faut faire convenir avec 1 deg. 20 min. de différence en latitude , ou avec les $26\frac{2}{3}$ lieues avancées vers le Sud. J'ai fait valoir les petits intervalles une lieue , & j'ai piqué l'épingle en R ; ce qui m'a mis en état de voir que le chemin CR étoit de 40 lieues , & qu'il y avoit $29\frac{1}{4}$ lieues mineures.

46. *Troisième Exemple.* On est parti de 0 deg. 15 min. de latitude Sud , & de 110 deg. de longitude , on a couru au N N O 10 deg. O , jusques par 2 deg. de latitude Nord. On demande les lieues de distance & la longitude d'arrivée.

	deg.	min.	
Latitude du départ S	0	15	29 Lieues mineures Ouest.
Latitude d'arrivée N	2	0	
Différence en latitude N	2	15	
Moyen parallèle	1	0	29 Lieues majeures Ouest.
Longitude du départ	110	0	
Différence en longitude O.	1	27	
Longitude d'arrivée.	108	33	
Lieues de distance $53\frac{1}{2}$			

47. Les deux latitudes sont de différentes dénominations dans cet Exemple : l'une est Nord & l'autre Sud. Il faut dans ce cas les ajouter pour avoir leur différence. Car , à proprement parler , la quantité que nous nommons différence est plutôt l'intervalle entre les deux latitudes , ou leur changement. On est parti de 0 deg. 15 min. de latitude Sud , & arrivé par 2 deg. de latitude N. il faut pour cela avoir avancé vers le N. ou avoir changé en latitude de 2 deg. 15 min. valeur de 45 lieues Nord. On plantera d'abord l'épingle en T , si on prend chaque petit intervalle pour une lieue , &c.

III.

TROISIÈME PROBLÈME GÉNÉRAL.

48. On connoît dans ce Problème le point du départ & la latitude d'arrivée avec la longueur du chemin qu'on a fait. On demande le rumb de vent qu'on a suivi, & la longitude d'arrivée.

49. *Premier Exemple.* On est parti de 50 deg. 30 min. de latitude N. & de 35 deg. 10 min. de longitude, on a couru 45 lieues entre le Sud & l'Est, & on s'est trouvé par 49 deg. 0 min. de latitude aussi Nord. On demande le rumb de vent auquel on a couru, & la longitude d'arrivée.

	deg.	min.	
Latitude du départ N	50	30	33½ Lieues mineures Est.
Latitude d'arrivée N	49	0	50 d. 30 m.
Différence en latitude S	1	30	49 0
Moyen parallèle	49	45	99 d. 30 m.
Longitude du départ	35	10	49 45 Moyen parall.
Différence en longitude E.	2	36	
Longitude d'arrivée	37	46	52 Lieues majeures Est.
Rumb de vent S E 3 d. E.			

EXPLICATION.

50. On trouvera la différence en latitude, comme dans le Problème précédent; elle est de 1 deg. 30 min. valeur de 30 lieues Sud que je compte sur le côté *CA*, depuis *C* jusqu'en *N*, en prenant chaque petit intervalle pour deux lieues. Je compte ensuite sur les arcs les 45 lieues de chemin, & les faisant convenir avec la différence en latitude, ou les 30 lieues Sud, je plante l'épingle en *M*. J'ai les lieues mineures 33½, depuis *N* jusqu'en *M*; & tendant le fil de manière qu'il passe par ce dernier point, j'ai le S E 3 deg. E pour mon rumb de vent. Il ne me reste plus après cela qu'à chercher le moyen parallèle, & à réduire les lieues mineures en lieues majeures.

51. *Second Exemple.* On est parti de 48 deg. 45 min.

de latitude Nord, & de 2 deg. 50 min de longitude : on a couru 160 lieues entre le Sud & l'Ouest, & on est arrivé par 43 deg. 30 min. de latitude aussi Nord. On demande le rumb de vent qu'on a suivi, & la longitude d'arrivée ?

	deg.	min.	
Latitude du départ N.	48	45	120 $\frac{1}{2}$ Lieues mineures O.
Latitude d'arrivée N.	43	30	48 d. 45 m.
Différence en latitude S.	5	15	43 30
Moyen parallèle.	46	7	92 d. 15 m.
Longitude du départ.	362	50	46 7 Moyen parall.
Différence en longitude.	8	43	
Longitude d'arrivée.	354	7	174 $\frac{1}{2}$ Lieues majeures O.
Rumb de vent SO 4 d. O.			

I V.

QUATRIEME PROBLEME GENERAL.

52. On connoît les latitudes & longitudes du départ & d'arrivée, & on veut trouver le rumb de vent qui conduit d'un de ces points à l'autre, & la longueur du chemin. Ce Problème est absolument l'inverse du premier. Deux points sont donnés sur la surface du Globe terrestre, par la connoissance qu'on a de leurs latitude & longitude : on cherche combien il y a de lieues de distance entre ces deux points & leur direction respective.

53. *Premier Exemple.* On est parti de 40 deg. 45 min. latitude Nord, & de 354 deg. de longitude, on est arrivé par 43 deg. 15 min. de latitude aussi Nord, & par 356 deg. 15 min. de longitude. On demande le rumb de vent & les lieues de distance.

	deg.	min.	
Latitude du départ N.	40	45	45 Lieues majeures Est.
Latitude d'arrivée N.	43	15	40 d. 45 m.
Différence en latitude N.	2	30	43 15
Moyen parallèle.	42	0	84 d. 0 m.
Longitude du départ.	354	0	42 0 Moyen parall.
Longitude d'arrivée.	356	15	
Différence en longitude E.	2	15	33 $\frac{1}{2}$ Lieues mineures Est.
Rumb de vent NE $\frac{1}{4}$ N.			
Lieues de distance 60.			

E X P L I C A T I O N.

§ 4. On trouvera la différence en latitude comme ci-devant. Elle est Nord, puisqu'on est dans l'Hémisphère Septentrional, & qu'on augmente en latitude. Ainsi on a couru vers le Nord. La différence en longitude se trouve aussi en ôtant une des longitudes de l'autre, & cette différence est Est, puisque la longitude d'arrivée est plus grande que l'autre. Les 2 deg. 15 min. dont on la trouve, valent 45 lieues majeures. C'est-à-dire que notre route, quant au changement en longitude qu'elle a produit, répond à 45 lieues étendues le long de l'Equateur. Il faut après cela faire le contraire de ce que nous faisons. Les 45 lieues majeures doivent être réduites en lieues mineures, afin que nous sachions combien de lieues nous avons avancé effectivement vers l'Est sur le parallele où se fait notre navigation.

§ 5. Nous tendons le fil sur les 42 degrez du moyen parallele, & comptant les 2 deg. 15 min. de différence en longitude le long du fil ou les 45 lieues majeures, nous plantons l'épingle en *M*, en prenant chaque petit intervalle pour 2 lieues, & nous trouvons $33\frac{1}{2}$ lieues mineures depuis *N* jusqu'en *M*. Enfin nous faisons quadrer ces $33\frac{1}{2}$ lieues mineures, avec la différence en latitude 2^d. 30 min. ou les 50 lieues Nord qu'on comptera depuis *C* jusqu'en *P*. On transportera l'épingle de *M* en *L*; on aura en *CL*, 60 lieues pour le chemin, & on verra en même tems qu'on a couru au $NE\frac{1}{4}N$; puisque la différence en latitude est Nord, & la différence en longitude est Est. Ce feroit au contraire le $SO\frac{1}{4}S$, si l'on avoit diminué en latitude & en longitude.

§ 6. *Second Exemple.* Un lieu est par 58 deg. 45 min. de latitude Nord, & 7 deg. 30 min. de longitude. Un autre est par 52 deg. 30 min. de latitude aussi Nord, & par 354 deg. 54 min. de longitude. On demande le chemin de l'un à l'autre.

	deg.	min.	
Latitude du départ N	58	45	252 Lieues majeures O.
Latitude d'arrivée N	52	30	58 d. 45 m.
Différence en latitude S.	6	15	52 30
Moyen parallèle	55	37	111 d. 15 m.
Longitude du départ	367	30	55 37 Moyen parall.
Longitude d'arrivée	354	54	
Différence en longitude O.	12	36	142 Lieues mineures Est.
Rumb de vent S O 3 d. 40 m. O.			
Lieues de distance 189.			

57. La différence en latitude est Sud dans cet Exemple, puisqu'on a diminué en latitude; & cela, lorsqu'on est par une latitude Nord. Au lieu d'écrire 7 deg. 30 min. de longitude du départ, nous avons mis 367^d. 30 min. Cette augmentation étoit nécessaire pour pouvoir trouver la différence en longitude par le plus court chemin. Cette différence est Ouest, puisqu'on a diminué en longitude, & les 12 deg. 36 min. valent 252 lieues majeures qu'il faut réduire en lieues mineures. On les comptera pour cela le long du fil qu'on aura tendu sur le moyen parallèle 55 deg. 37 min. & on trouvera de côté 142 lieues mineures qu'il ne reste plus qu'à faire quadrer avec les lieues Sud qui sont de 125 lieues,

58. On apprend par ce Problème que pour se rendre du point proposé à l'autre, il faut faire le S O 3^d. 40^m. O. Mais si on vouloit faire cette route avec une Bouffole qui eût de la variation, ce seroit le cas où il faudroit prévenir l'erreur dans laquelle on tomberoit, si l'on ne se précautionnoit pas. Supposé que la variation soit N O de 4 deg. tous les rumb de vent de la Bouffole, qui sont du côté de l'Ouest, doivent s'approcher du Sud de cette même quantité. Ainsi en suivant le S O 3 deg. 40 min. O, on courroit moins vers l'Ouest; & il faut donc s'éloigner davantage du S O vers l'O. On prendra le S O 7^d. 40^m. O sur la Bouffole; la variation fera ensuite cause qu'on ne courra effectivement qu'au S O 3 deg. 40 min. O.

59. *Troisième Exemple.* On est parti de 5 deg. de latitude Sud & de 357 deg. de longitude, & on est arrivé par 7^d. de

de latitude Nord, & par 8 deg. de longitude. On demande les lieues de distance & le rumb de vent.

	deg.	min.	
Latitude du départ S.	5	0	220 Lieues majeures Est.
Latitude d'arrivée N	7	0	
Différence en latitude N	12	0	219 Lieues mineures Est.
Moyen parallèle	3	30	. . . . .
Longitude du départ.	357	0	. . . . .
Longitude d'arrivée	368	0	. . . . .
Différence en longitude E.	11	0	. . . . .
Rumb de vent NE 2 d. 40 m. N.			
Lieues de distance 325.			

60. Il a fallu dans cet Exemple ajouter ensemble les deux latitudes pour avoir leur différence, parce qu'elles sont de diverses dénominations. On a traversé l'Equateur & on a avancé vers le Nord. Nous avons trouvé le moyen parallèle en prenant la moitié de la plus grande latitude. La différence en longitude est E : on a augmenté en longitude : car 8 degrez est la même chose que 368 deg. qui est plus grand que 357 deg. Les 11 degrez de différence en longitude valent 220 lieues majeures, & les lieues mineures se sont presque trouvées de la même quantité à cause du voisinage où on étoit de l'Equateur. On a enfin fait quadrer les 219 lieues mineures avec les 12 degrez de différence en latitude ou les 240 lieues Nord, & on a trouvé les lieues de distance & le rumb de vent.

V.

CINQUIEME PROBLEME GENERAL.

61. On connoît le point du départ & la longitude « d'arrivée avec le rumb de vent ; on demande les lieues « de distance & la latitude d'arrivée ? »

62. Exemple. On est parti de 45 deg. 20 min. de latitude Nord, & 323 deg. de longitude, on a couru au « NE 3 deg. E jusques par 345 deg. 36 min. de longitude. »

» On demande les lieues de distance & la latitude d'ar-
» rivée.

	deg.	min							
Latitude du départ N	45	20	|	.	.	.	.	.	.
Latitude d'arrivée N	57	50	|	.	.	.	.	.	.
Différence en latitude N	12	30	|	.	.	.	.	.	.
Longitude du départ	323		|	.	.	.	.	.	.
Longitude d'arrivée	345	36	|	.	.	.	.	.	.
Différence en longitude E.	22	36	|	.	.	.	.	.	.
Lieues de distance 374									

E X P L I C A T I O N.

63. » On se fert du Quartier de réduction comme d'une
» Carte réduite pour résoudre ce Problème ; ce qu'on
» exécute par le moyen d'une échelle des latitudes croi-
» santes ou d'un Méridien gradué de Carte réduite qui est
» ordinairement à côté du Quartier. Cette échelle a son
» premier degré égal à un des intervalles du Quartier de
» réduction. Ainsi on peut regarder les divisions du rayon *CB*
» comme celles de l'Equateur sur les Cartes réduites ; &
» il ne reste qu'à étendre sur le rayon *CA* la partie con-
» venable du Méridien gradué, pour rendre la conformité
» absolument parfaite.

64. » Dans l'exemple que nous nous sommes proposé,
» la différence en longitude est de 22 deg. 36 min. nous
» la comptons sur *CB*, en prenant chaque petit inter-
» valle pour un degré, & en commençant en *C* ; elle se
» termine en *V*. Nous tendons ensuite le fil sur le rumb
» de vent, & prenant avec un compas commun la dif-
» férence du point *V* jusqu'au fil, en mesurant cette distance
» parallèlement aux lignes Nord & Sud, nous aurons la
» différence en latitude *VX* qu'il ne restera plus qu'à porter
» sur l'échelle des latitudes croissantes, en mettant une
» des pointes du compas sur la latitude du départ, & l'au-
» tre pointe en-dessus ou en-dessous, selon qu'on s'éloi-
» gne ou s'approche de l'Equateur ; & on aura la latitude
» d'arrivée, qui se trouve ici de 57 deg. 50 min. La diffé-
» rence en latitude fera donc de 12 deg. 30 min. ou de

250 lieues qu'on comptera sur les lignes Nord & Sud « pour les faire convenir avec le rumb de vent. On trou- « vera 374 lieues de distance. »

Autre Méthode de résoudre le même Problème.

65. La Méthode précédente fait retomber dans l'in- « convenient que nous voulions éviter, en cessant de ré- « duire les routes sur les Cartes. L'échelle des latitudes « croissantes est ordinairement à trop petit point, pour « qu'on puisse résoudre le Problème dont il s'agit avec une « exactitude suffisante. Nous pouvons le résoudre par ap- « proximation avec plus de précision, & presque avec au- « tant de facilité. Nous supposerons d'abord que nous « sommes arrivés par une certaine latitude. Il est certain « qu'on ne se trompera pas beaucoup dans cette supposi- « tion, pour peu qu'on fasse attention au rumb de vent « & à la grandeur de la différence en longitude. Nous « supposerons, par exemple, que nous sommes arrivés « par 60 degrez. Le moyen parallele sera de $52^{\text{d}}.40^{\text{m}}$. & « nous le nommerons *le premier Moyen parallele supposé*. « La différence en longitude est de 22 deg. 36 min. & les « lieues majeures de 452. Nous les réduirons en lieues « mineures sur le moyen parallele supposé $52^{\text{d}}.40^{\text{m}}$. « & il nous viendra environ 273. Nous ferons ensuite « convenir ces lieues mineures avec le rumb de vent, & « il nous viendra 247 lieues Nord, valeur de $12^{\text{d}}.21^{\text{m}}$. « de différence en latitude, qui étant ajoutée à $45^{\text{d}}.20^{\text{m}}$. « nous donne $57^{\text{d}}.41^{\text{m}}$. de latitude d'arrivée; « & comme elle n'est pas la même que celle que nous « avions supposée, c'est une marque qu'il faut faire une « seconde tentative. »

66. Nous supposerons cette seconde fois que la la- « titude d'arrivée est $57^{\text{d}}.41^{\text{m}}$. Si on l'ajoute avec la la- « titude du départ, & si on prend la moitié de la somme, «

» on trouvera $51^{\text{d}}. 30^{\text{m}}$. pour le second moyen parallèle
 » supposé. Les 452 lieues majeures étant réduites en lieues
 » mineures sur ce moyen parallèle, nous donnent 283
 » qu'il faut faire convenir avec le rumb de vent, & on
 » trouvera $253\frac{1}{2}$ lieues Nord, valeur de $12^{\text{d}}. 40^{\text{m}}$. de dif-
 » férence en latitude. On aura donc $58^{\text{d}}. 0^{\text{m}}$. pour nouvelle
 » latitude d'arrivée qui n'étant pas absolument conforme
 » avec la précédente, & qui devant donner un autre
 » moyen parallèle, montre qu'il faut faire une troisième
 » tentative.

67. » On prendra $58^{\text{d}}. 0^{\text{m}}$. pour la latitude arrivée : on
 » aura $51^{\text{d}}. 40^{\text{m}}$. pour moyen parallèle troisièmement sup-
 » posé ; on réduira les 452 lieues majeures en lieues mi-
 » neures ; on trouvera 282 lieues ; & lorsqu'on les fera
 » convenir avec le rumb de vent, il viendra 252 lieues
 » Nord, ou $12^{\text{d}}. 36^{\text{m}}$. de différence en latitude. On aura
 » donc $57^{\text{d}}. 56^{\text{m}}$. pour la latitude d'arrivée ; & comme
 » on voit qu'on retrouveroit le même moyen parallèle,
 » c'est une marque qu'il n'est pas nécessaire de pousser l'ap-
 » proximation plus loin. La latitude $57^{\text{d}}. 56^{\text{m}}$. est celle
 » d'arrivée, & les lieues de distance feront de 379.

V I.

SIXIEME PROBLEME GENERAL.

68. » On connoît la différence en longitude, & les
 » lieues de distance : on veut découvrir le rumb de vent
 » qu'on a suivi, & trouver la latitude d'arrivée.

69. » *Exemple.* On est parti de $40^{\text{d}}. 45^{\text{m}}$. de latitude
 » Nord & de 15^{d} . de longitude. On a couru 60 lieues en-
 » tre le Nord & l'Est, & on est arrivé par $17^{\text{d}}. 15^{\text{m}}$. de lon-
 » gitude. On demande le rumb de vent & la latitude d'ar-
 » rivée.

70. » Nous ne pouvons résoudre ce Problème que par
 » approximation. La différence en longitude est de 2^{d} .

15^m. & les lieues majeures sont de 45. Je suppose qu'on « est arrivé par 42 deg. de latitude, on aura 41^d. 22^m. pour « le premier moyen parallele supposé ; & réduisant les 45 « lieues majeures en lieues mineures, on en trouvera 33 $\frac{3}{4}$ « qu'il faut faire convenir avec les 60 lieues de distance, « & il viendra 49 $\frac{1}{2}$ lieues au Nord, valeur de 2^d. 28 $\frac{1}{2}$ min. « de différence en latitude. On aura donc 43^d. 13 $\frac{1}{2}$ m. pour « latitude d'arrivée ; & comme elle diffère de celle que « nous avons supposée, il faut faire une seconde tentative. « 71. » Nous prendrons 43^d. 13^m. pour la latitude d'ar- « rivée : nous aurons 41^d. 59^m. pour second moyen paral- « lele supposé. Nous réduirons derechef les 45 lieues ma- « jeures en lieues mineures, & il nous viendra 33 $\frac{1}{2}$ lieues « que nous ferons convenir avec les 60 de distance. Nous « trouverons 50 lieues au Nord, ou 2^d. 30^m. de différence « en latitude, ce qui nous donnera 43^d. 15^m. pour nou- « velle latitude d'arrivée. Mais comme elle nous feroit trou- « ver un troisième moyen parallele supposé qui ne diffère- « roit pas du second, nous devons regarder 43 deg. 15 min. « comme la vraie latitude d'arrivée, & le rumb de vent « fera le NE $\frac{1}{4}$ N. »

CHAPITRE III.

Détail des Opérations qu'on nomme Corrections.

I.

72. **N**OUS avons déjà donné une idée des prati-
ques que les Pilotes nomment *Corrections*. Il
arrive presque continuellement en Mer, qu'après qu'on
a couru une ou plusieurs routes, la latitude d'arrivée que
fournit la Réduction, ne s'accorde pas exactement avec la

latitude que donne la hauteur méridienne du Soleil. On ne peut pas s'empêcher de donner une entière foi à l'observation, lorsqu'elle a été faite avec soin. Ainsi il faut nécessairement qu'il se soit glissé quelque erreur ou dans l'estime du chemin, ou dans le rumb de vent qu'on croyoit avoir suivi. On est obligé alors de corriger l'un ou l'autre, ou même les deux; & on donne à cette opération le nom de correction, qui a principalement pour objet de marquer la longitude à laquelle il est plus plausible de s'arrêter ou de croire qu'on est arrivé.

73. Il se peut faire dans plusieurs cas, qu'on ait lieu de soupçonner que l'erreur qu'on a commise, tombe plutôt sur une partie que sur l'autre. Si le doute tombe, par exemple, sur l'estime du chemin, & qu'on ait lieu de regarder le rumb de vent comme mieux déterminé, on doit avoir recours au second Problème du Chapitre précédent. On se servira du rumb de vent & de la latitude d'arrivée fournie par l'observation de la hauteur, pour avoir les lieues de distance, qu'on nommera alors corrigées, pour les distinguer de celles qu'on avoit trouvées par l'estime; on aura en même tems les lieues mineures corrigées, qui réduites en lieues majeures, serviront à trouver la longitude d'arrivée.

74. Si le soupçon tomboit au contraire sur le rumb de vent, & qu'on crût devoir se reposer davantage sur les lieues de distance, on les feroit convenir avec la différence en latitude trouvée par les observations, & on feroit un troisième Problème.

75. La seule direction de la route suffit aussi très-souvent pour déterminer le Pilote dans le choix qu'il doit faire du second ou du troisième Problème. Quoiqu'on puisse supposer des erreurs considérables sur les lieues de distance, ou sur le rumb de vent, ces erreurs ne produisent pas toujours le même effet, ou ne tirent pas également à conséquence dans tous les cas. Si on a, par exemple, couru sur un rumb de vent très-voisin du Nord, &

qu'on voulût, en le négligeant, ne se servir que des lieues de distance pour les faire convenir avec la vraie différence en latitude, la plus petite erreur qu'on commettrait sur ces lieues de distance, en produiroit une extrême sur les lieues mineures, & par conséquent sur la longitude d'arrivée. Supposons que la vraie différence en latitude soit de 3 deg. & qu'après avoir couru réellement 61 lieues entre le Nord & l'Est, on s'imagine en avoir fait 64 ou 65, en se trompant seulement de 3 ou 4 lieues, on peut voir aisément sur le Quartier de réduction, que cette erreur en produiroit une de plus de 12 ou 13 lieues sur la différence en longitude. Ainsi il seroit extrêmement imprudent de se servir dans ce cas du troisième Problème, au lieu d'appliquer le second.

76. On ne commettrait pas une moindre faute, si l'on employoit le second Problème, lorsque la route est très-voisine de l'Est ou de l'Ouest; car la plus petite erreur sur le rumb de vent en produiroit alors une très-grande sur la longitude. Il suit de-là qu'il faut avoir recours par préférence au troisième Problème, lorsque la route est très-voisine de l'Est ou de l'Ouest, & employer au contraire le second, lorsque la route est peu éloignée du Nord ou du Sud. Cette attention est de la plus grande importance; & c'est ce qui a engagé les Marins à distinguer trois différentes corrections qu'ils employent selon les divers cas.

II.

De la première Correction.

77. On se sert de la première correction, lorsque le rumb de vent sur lequel on a couru, ne s'écarte au plus du Nord ou du Sud que de deux quarts de vent. C'est-à-dire, qu'on se sert de la première correction pour tous les rumb de vent compris vers le N, entre le NNO & le NNE, & pour ceux qui sont compris vers le Sud

entre le SSE & le SSO. Cette premiere correction n'est autre chose que le second Problème : on néglige, par les raisons que nous venons d'exposer, les lieues de distance qu'a fourni l'estime, & on ne se sert que du rumb de vent.

78. *Exemple.* On est parti de 44 deg. de latitude Sud, & de 358 deg. de longitude : on a couru par estime 200 lieues au SSE 5 deg. S ; mais à la fin de cette route on a observé la latitude, & on l'a trouvée de 52 deg. On demande les lieues de distance corrigées & la longitude d'arrivée aussi corrigée.

	deg.	min.	
Latitude du départ S	44		50 $\frac{1}{2}$ Lieues mineur. corrig.
Latitude d'arrivée S	52		44 d.
Différence en latitude S	8		52
Moyen parallele	48		96 d.
Longitude du départ.	358		48 Moyen parallele.
Différence en longitude E corrigée	3	46	75 $\frac{1}{2}$ Lieues majeur. corrig.
Longitude d'arrivée corrigée	1	46	
Lieues de distance corrigées 168.			

E X P L I C A T I O N.

79. Si après avoir couru par estime 200 lieues au SSE 5 deg. S, on n'avoit pas observé la latitude, on se seroit servi des 200 lieues de distance & du rumb de vent, le SSE 5 deg. S, pour faire un premier Problème ; & on eût trouvé la latitude & longitude d'arrivée, qui n'eussent été qu'estimées, à cause de l'incertitude attachée aux pratiques du Pilotage. On a le bonheur d'observer la latitude à la fin de la route ; ce qui détermine à rejeter les lieues de distance ; & on ne se sert que du rumb de vent, qu'on fait convenir avec la vraie différence en latitude que fournit l'observation. On acheve l'opération, en se conformant au second Problème ; ce qui donne la longitude d'arrivée, qu'on nomme *corrigée*, quoiqu'il s'en manque beaucoup qu'on puisse la regarder comme absolument sûre. On trouve en même tems 168 lieues pour la longueur du chemin, au lieu de 200 lieues qu'on croyoit avoir faites.

III.

De la seconde Correction.

80. On a recours à la seconde correction, lorsque la route est voisine de l'Est ou de l'Ouest, & qu'elle n'en est éloignée au plus que de deux quarts de vent. C'est-à-dire, que cette correction s'étend du côté de l'Est, depuis l'ENE jusqu'à l'ESE, & qu'elle s'étend du côté de l'Ouest depuis l'ONO jusqu'à l'OSO. Il y a deux différentes pratiques qui sont en usage dans ce cas. Quelques Pilotes font un troisième Problème, sans avoir égard au rumb de vent estimé, ils le négligent; mais ils font convenir les lieues de distance avec la vraie différence en latitude que leur a fourni l'observation. D'autres Pilotes cherchent les lieues mineures, comme dans le premier Problème, & ils les font ensuite quadrer avec la vraie différence en latitude, pour avoir le rumb de vent corrigé & les lieues de distance corrigées, &c. Nous nous attacherons à cette seconde pratique, dont nous avons déjà fait usage dans le second Livre N°. 156.

81. *Exemple.* On est parti de 40 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 2 deg. 10 min. de longitude: on a couru par estime 120 lieues à l'O $\frac{1}{4}$ SO, & à la fin de cette route on a pris hauteur, & on a trouvé qu'on étoit par 39 deg. 57 min. de latitude Nord.

	deg.	min.	
Latitude du départ N.	40	30	118 Lieues mineures O.
Latitude d'arrivée N.	39	57	40 d. 30 m.
Différence en latitude S.	0	33	39 57
Moyen parallèle	40	13	80 d. 27 m.
Longitude du départ.	362	10	40 13 Moyen parall.
Différence en longitude.	7	42	
Longitude d'arrivée corrigée.	354	28	154 Lieues majeures O.
Rumb corrigé l'O 5 d. 20 m. S.			
Lieues de distance corrigées 118.			

82. Nous avons compté les 120 lieues de distance esti-

mées, sur le rumb de vent estimé l'O $\frac{1}{4}$ SO ; ce qui nous a donné 118 lieues mineures Ouest. Nous avons ensuite fait quadrer ces 118 lieues mineures avec la vraie différence en latitude, & nous avons trouvé les lieues de distance corrigées, & le rumb de vent aussi corrigé. Enfin nous avons réduit les lieues mineures en lieues majeures.

I V.

De la troisième Correction.

83. Tous les rumb de vent qui n'appartiennent point à la première correction ni à la seconde, sont censés appartenir à la troisième. Ainsi cette opération comprend vers le NE toutes les routes qui sont entre le NNE & l'ENE ; vers le SE, celles qui sont entre le SSE & l'ESE ; vers le SO, celles qui sont entre le SSO & l'OSO ; & vers le NO, celles qui sont entre le NNO & l'ONO.

84. On trouve dans les Livres de Navigation différens procédés pour faire cette troisième correction. Voici celui qui m'a paru être le plus en usage. On cherche d'abord les lieues mineures, en se servant des lieues de distance estimées & du rumb de vent estimé ; & comme ces lieues mineures pourroient n'être pas assez exactes, on les nomme lieues mineures estimées. On en cherche ensuite d'autres, qu'on nomme lieues mineures observées ; on les trouve en faisant convenir le rumb de vent estimé avec la vraie différence en latitude connue par observation. On ajoute ensemble ces deux différentes espèces de lieues mineures, & on prend la moitié de leur somme ; ce qui donne d'autres lieues mineures, qu'on regarde comme corrigées. On fait quadrer ces dernières avec la vraie différence en latitude, pour trouver les lieues de distance corrigées & le rumb de vent corrigé. On réduit ces mêmes lieues mineures en lieues majeures, pour avoir la longitude arrivée.

85. *Exemple.* On est parti de 53 deg. de latitude Sud & de 358 degrez de longitude. On a couru par estime 230 lieues au NE $\frac{1}{4}$ N, & à la fin de cette route on a observé hauteur, & on s'est trouvé par 46 deg. de latitude Sud.

	deg.	min	
Latitude du départ S.	53		128 Lieues min. estimées.
Latitude d'arrivée S.	46		94 Lieues min. observées.
Différence en longitude N.	7		222
Moyen parallèle	49	30	111 Lieues min. corrigées.
Longitude du départ.	358	0	53 deg.
Différence en longitude corrigée.	8	33	46
Longitude d'arrivée corrigée.	6	33	99 deg.
Lieues de distance corrigées 179.			49 d. 30 m. Moyen paral.
Rumb de vent corrigé le NE 6 d. 30 m. N.			171 Lieues maj. corrigées.

86. Les 230 lieues de distance estimées, comptées sur le NE $\frac{1}{4}$ N, nous ont donné 128 lieues mineures estimées. Le rumb de vent le NE $\frac{1}{4}$ N nous a, avec la vraie différence en latitude, donné les lieues mineures observées 94. Nous avons pris la moitié de la somme de ces lieues mineures, & il nous en est venu d'autres, sçavoir, 111, que nous nommons lieues mineures corrigées. Nous faisons quadrer ces 111 lieues avec la vraie différence en latitude, ou avec les 140 lieues, que nous avons avancé réellement vers le Nord, & il nous vient le rumb corrigé & les lieues de distance corrigées. Enfin nous réduisons les 111 lieues mineures corrigées en lieues majeures, & il nous vient 171; valeur de 8 deg. 33 min. pour notre différence en longitude corrigée.

V.

Remarques sur l'Usage des Corrections.

87. Il peut arriver que les opérations précédentes changent le point d'arrivée dans le sens qu'il ne faudroit pas; & ce qu'il y a de plus fâcheux, c'est qu'il est moralement impossible de distinguer avec certitude en Mer les rencontres dans lesquelles le changement est utile, de cel-

les où il est dangereux. Le Pilote, en estimant son chemin, fait tout son possible pour ne se pas tromper : il a eu égard à la variation de la Bouffole, de même qu'à la dérive que souffre la route ; il a fait attention aux courans qui pourroient le transporter vers un côté ou vers l'autre, & il a eu égard à l'action des vagues qui venoient continuellement choquer le Navire, & qui favorisoient la marche ou qui la retardoient ; il n'a rien négligé. Ainsi, lorsqu'il prend hauteur, & qu'en cherchant sa latitude il s'aperçoit qu'elle ne s'accorde pas avec celle que donne l'estime ; tout ce qu'il voit bien certainement, c'est qu'il est plus vers le Nord ou vers le Sud qu'il ne pensoit ; mais rien ne lui apprend s'il est plus vers l'Est, ou plus vers l'Ouest.

Fig. 75.

88. Supposons qu'on soit parti du point *A*, (*Figure 75*) & qu'ayant fait par estime le chemin *AB*, on se croie arrivé en *B* ; mais que l'observation de la hauteur apprenne qu'on est réellement sur le parallèle *ED* à l'Equateur : l'erreur sera certaine, & on en connoîtra une partie. Il faut transporter le point d'arrivée *B* sur *ED* ; mais en l'y portant, faut-il le mettre sur le même Méridien en *F*, ou faut-il le porter vers l'Est ou vers l'Ouest ? Si on a pu être jetté aussi aisément vers un côté que vers l'autre, par la cause secrète à laquelle il faut attribuer l'erreur qu'on a commise, il est également probable qu'on est arrivé dans l'un ou l'autre des deux points *G* & *H*, qui sont sur la circonférence du cercle *G I H*, dont le centre est en *B*. On pourra dire la même chose des intersections de tous les cercles plus petits ou grands que *G I H*, dont le centre est en *B* : il y aura la même probabilité pour *g* que pour *h*. Ainsi le point *F*, qui tient le milieu entre tous les points, paroît être celui qu'on peut choisir le plus sûrement ; ou ce qui revient à peu près au même, il faudroit employer la seconde correction dans tous les cas.

89. La seule chose qui puisse mettre des restrictions à cette règle, c'est que les points où il est également pro-

bable qu'on a pû arriver en se trompant sur son estime & sur la direction de sa route, ne sont pas situés sur la circonférence d'un cercle, mais sur celle d'une figure qui est quelquefois fort différente. Nous trouvons le point *B*, par le concours du rumb de vent & de la longueur du chemin, qui n'ont aucun rapport l'un avec l'autre, & qui sont sujets à des erreurs qui viennent de sources très-éloignées. Tant que ces erreurs sont extrêmement petites de part & d'autre, elles se confondent plus aisément, & elles peuvent se joindre ensemble, de la même manière que si elles ne dépendoient que de la même cause. Dans ce cas il n'est pas impossible que tous les points où il est également probable qu'on soit arrivé, se trouvent assez exactement sur des circonférences de cercles comme *m, i, n* (Fig. 76.) Mais si les erreurs sont fort grandes, le sens dans lequel elles portent, fait qu'elles se dégagent, pour ainsi dire, l'une de l'autre, & à la fin elles forment une figure *MINO* de quatre côtés, dont les deux *MI* & *NO*, qui sont des lignes droites, marquent la plus grande erreur qu'on peut commettre sur le rumb de vent, pendant que les deux autres côtés *IN* & *OM*, qui sont des arcs de cercles, sont les limites des erreurs dans lesquelles on est sujet à tomber, en estimant les lieues de distance. On peut, en se fondant sur cette remarque, imaginer de nouvelles opérations, qui tiendront lieu de *corrections*. Nous nous bornerons ici à ce qui sera purement de pratique, & nous négligerons toutes les attentions qui rendroient ces opérations trop difficiles.

Fig. 76.

V I.

Nouvelle maniere de faire les Corrections.

90. Nous distinguerons dans chaque route de navigation quatre limites des erreurs: deux limites marqueront les plus grandes quantités dont on peut se tromper sur le

rumb de vent, & les deux autres marqueront les erreurs qu'on peut craindre sur les lieues de distance. Supposé qu'on soit sujet à se tromper de 5 degrez sur la direction de la route, & qu'on croye avoir couru au NNE, les deux premieres limites seront le NNE^d. N, & le NNE^d. E. Supposé, en second lieu, qu'on ait remarqué par plusieurs expériences qu'on puisse se tromper sur le chemin d'une dixième partie, & qu'on ait couru par estime 50 li. les deux limites des lieues de distance seront 55 lieues & 45.

91. L'intervalle plus ou moins grand entre ces deux dernières limites, de même qu'entre les deux premières, dépend de l'habileté du Pilote, & de l'exactitude des moyens qu'il est obligé d'employer. Lorsqu'on perfectionnera extrêmement certaine partie de la navigation, les limites qui en dépendent s'approcheront l'une de l'autre. C'est aux Navigateurs à saisir avec soin toutes les occasions qui se présentent d'essayer leurs pratiques. Lorsqu'ils cinglent exactement au Nord ou au Sud, ils peuvent, en observant la latitude, reconnoître de combien ils se trompent sur l'estime du chemin. Les routes à l'Est ou à l'Ouest les mettent de même à portée de voir jusqu'où vont les erreurs qu'ils commettent sur le rumb de vent. Nous supposons que le Pilote a déjà fait plusieurs fois des expériences semblables, & nous continuerons à regarder ici 5 degrez comme la limite des erreurs qu'on peut commettre sur le rumb de vent, pendant que nous mettrons à une dixième partie la plus grande erreur sur les lieues de distance.

92. Quoique nous reconnoissions en général quatre limites, nous n'en employerons toujours que deux pour chaque route, & nous les nommerons les *deux Limites principales*, parce qu'elles donnent l'exclusion aux deux autres. Si *ed* (Fig. 76.) est le parallele de la latitude observée dans le point d'arrivée, les deux limites principales seront *MI* & *ON*, qui appartiennent au rumb de vent,

& qui sont donc éloignées chacune de 5 degrez de chaque côté de AB . Nous ne pouvons pas prendre pour limites principales les deux IN & MO que nous fournis-
sent les lieues de distance ; parce que si on les faisoit convenir avec la vraie différence en latitude Ae , elles don-
neroient des rumb de vent trop éloignés du rumb de vent estimé AB , ou qui supposeroient de trop grandes erreurs. Si au contraire le parallele de la latitude arrivée, au lieu d'être ed est ED , il faudra renoncer à la limite ON du rumb de vent. Dans ce cas les deux limites seront MI & IN , l'une qui appartient au rumb de vent, & l'autre aux lieues de distance.

93. Les deux limites principales étant choisies, nous nous conformerons ensuite toujours à cette règle qui est très-simple, & dont on peut se servir dans toutes les rencontres. Nous ferons convenir l'une après l'autre les deux limites principales avec la vraie différence en latitude : ces deux opérations nous donneront des lieues mineures que nous nommerons *Premieres & Secondes*, nous les ajouterons ensemble, & nous prendrons la moitié de leur somme ; ce qui nous donnera les lieues mineures corrigées. Nous aurons moins de peine, & nous nous dispenserons de chercher les premieres lieues mineures & les secondes, lorsque les deux limites principales seront de même genre ; si les deux appartiennent au rumb de vent, nous nous servirons de ce rumb de vent sans le corriger. De même, si les deux limites principales appartiennent aux lieues de distance, on abandonnera le rumb de vent, & on fera convenir les lieues de distance avec la vraie différence en latitude.

94. *Premier Exemple.* On est parti de $35^{\circ} 30'$ de latitude Nord, & de 351° de longitude ; on a couru par estime 100 lieues au NE, & ayant observé hauteur à la fin de cette route, on s'est trouvé par $38^{\circ} 54'$ de latitude Nord. On demande le point d'arrivée corrigé ?

	deg.	min.	
Latitude du départ N.	35	30	68 Lieues mineur. corrig.
Latitude d'arrivée observée N . . .	38	54	35 d. 30 m.
Différence en latitude observée N . .	3	24	38 54
Moyen parallèle	37	12	74 d. 24 m.
Longitude du départ	351	0	37 12 Moyen parall.
Différence en longitude E	4	15	85 Lieues majeur. corrig.
Longitude d'arrivée	355	15	
Rumb de vent N E.			
Lieues de distance corrigées 96 $\frac{1}{2}$.			

EXPLICATION.

91. Les deux limites du rumb de vent sont le NE 5^d. N, & le NE 5^d. E, & celles des lieues de distance sont 110 & 90. Mais lorsqu'on fait convenir ces deux dernières avec la vraie différence en latitude 3^d. 24^m. ou avec 68 lieues Nord, on reconnoît qu'il faut rejeter ces limites. Ainsi les deux limites principales appartiennent au rumb de vent; ce qui nous apprend qu'il ne faut pas le changer. On le fait convenir avec la différence en latitude observée ou vraie, & on trouve 68 lieues mineures corrigées; on trouve en même tems les lieues de distance, & il ne reste plus qu'à réduire les lieues mineures en lieues majeures.

96. *Second Exemple.* On est parti de 35 deg. 30 min. latitude Nord, & de 351 deg. de longitude; on a couru par estime 100 lieues au NE, & ayant observé hauteur à la fin de cette route, on s'est trouvé par 39 deg. 30 min. de latitude aussi Nord. On demande le point d'arrivée corrigé ?

	deg.	min.	
Latitude du départ N.	35	30	67 $\frac{1}{2}$ I. Lieues mineur. Est.
Latitude d'arrivée observée N . . .	39	30	75 II. Lieues mineur. Est.
Différence en latitude observée N. . .	4	0	142 $\frac{1}{2}$
Moyen parallèle	37	30	71 $\frac{1}{4}$ Lieues min. corrigées.
Longitude du départ	351	0	35 d. 30 m.
Différence en longitude corrigée . . .	4	29	39 30
Longitude d'arrivée corrigée	355	29	75 d. 0 m.
Rumb de vent corrigé N E 3 d. 30 m. N.			37 30 Moyen parall.
Lieues de distance corrigées 107.			89 $\frac{1}{2}$ Lieues maj. corrig. E.

97. Ce second Exemple ne diffère du premier qu'en ce

ce que la latitude observée à la fin de la route est différente. Une des limites du rumb de vent ne peut pas servir ici. Il faut rejeter celle du NE 5^d. E, & on doit par la même raison rejeter la moindre limite des lieues de distance. Nous avons donc pour limites principales le NE 5 deg. N & 110 lieues. La première de ces deux limites, lorsqu'on la fait convenir avec les 80 lieues de différence en latitude, nous donne les premières lieues mineures $67\frac{1}{2}$, & la seconde limite 110 lieues de distance, lorsqu'on la fait convenir avec les mêmes lieues Nord 80, nous donne les secondes lieues mineures 75. Nous ajoutons les unes avec les autres, & prenant la moitié de la somme, il nous vient $71\frac{1}{2}$ lieues min. corrigées.

98. *Troisième Exemple.* On est parti de 43 deg. latit. N. & de 2 deg. 15 min. de longitude; on a couru par estime 80 lieues à l'O 1 deg. S, & on est arrivé selon l'observation de la hauteur par 43 deg. 12 min. de latitude Nord.

	deg.	min.	
Latitude du départ N	43		80 Lieues min. corrig. O.
Latitude d'arrivée observée N	43	12	43 d. 0 m.
Différence en latitude observée N.	0	12	43 12
Moyen parallèle	43	6	86 d. 12 m.
Longitude du départ	362	15	43 d. 6 m. Moyen parall.
Différence en longitude corrigée	5	28	
Longitude d'arrivée corrigée	356	47	109 $\frac{1}{2}$ Lieues maj. corrig. O.
Rumb de vent corrigé O 3 d. N.			
Lieues de distance 80.			

99. Les deux limites du rumb de vent sont l'O 4 deg. N & l'O 6 deg. S; mais elles sont toutes deux exclues. Ainsi il faut s'arrêter aux deux limites 72 & 88 des lieues de distance; ou plutôt il ne faut point changer cette dernière quantité, & il ne s'agit que de la faire convenir avec la vraie différence en latitude, & faire un troisième Problème. Cet Exemple nous fournit un cas singulier. Nous avons cru sur le témoignage de la Bouffole avoir un peu avancé vers le Sud: mais l'observation de la hauteur nous fait connoître que nous avons avancé réellement vers le Nord.

CHAPITRE IV.

Des Règles composées par le Quartier de Réduction.

I.

100. **O**N change en Mer très-fréquemment de rumb de vent ; ce qui a mis les Pilotes dans la nécessité de recourir à une opération particulière pour se dispenser de faire un Problème pour chaque route. Nous avons déjà expliqué en partie cette Méthode dans le second Livre en parlant de la manière de pointer ou de compasser les Cartes (No. 130.) On donne le nom de *Règles composées* à ces opérations qui consistent à chercher pour chaque route les lieues Nord ou Sud, & les lieues Est & Ouest, & à joindre ensemble celles qui ont été faites dans le même sens. Il suffit de donner quelques Exemples pour éclaircir tout ceci, & pour montrer la manière de disposer les articles.

101. *Premier Exemple.* On est parti de 45 deg. de latitude Nord & de 110 deg. de longitude : on a couru les routes suivantes avec une Bouffole qui varioit d'un quart de vent vers le NE. On demande le point d'arrivée ?

	Rumbs valus.	N	S	E	O
I. Route. 100 li. au NNE.	NE $\frac{1}{4}$ N	83	...	55 $\frac{1}{2}$	
II. Route. 230 li. à l'O $\frac{1}{4}$ NO.	O N O	88 $\frac{1}{2}$	...	...	212
III. Route. 80 li. à l'E.	E $\frac{1}{4}$ SE	...	15 $\frac{3}{4}$	78 $\frac{1}{2}$	
		171 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{3}{4}$	134	212
		15 $\frac{3}{4}$			134
		155 $\frac{3}{4}$	...	...	78

Reste des lieues N & des lieues O . . .

Rumb de vent en ligne droite le NN O $\frac{1}{4}$ d. 12 m. O.

Lieues de distance en droite route 174.

	deg.	min.	
Latitude du départ N	45	0	45 d. 0 m.
Différence en latitude N	7	47	52 47
Latitude d'arrivée N	52	47	97 d. 47 m.
Moyen parallèle	48	53	48 53
Longitude du départ	110	0	
Différence en longitude O	5	57	119 Lieues majeur. Ouest
Longitude d'arrivée	104	3	

E X P L I C A T I O N.

102. Après avoir disposé les articles en les remplissant de toutes les quantités déjà connues ou données, nous avons d'abord cherché quel étoit l'effet de la variation de la Bouffole sur les routes. Nous avons suivi dans la première le NNE du compas; mais la variation qui étoit NE, d'un quart de vent ou de 11 deg. 15 min. a été cause que cette direction répondoit au NE $\frac{1}{4}$ N, & nous l'avons écrit à côté pour nous en servir. C'est-à-dire que nous comptons les 100 lieues de la première route, non pas sur le NNE, mais sur le NE $\frac{1}{4}$ N, & nous voyons ensuite combien nous avons avancé vers le N & vers l'E. Le second rumb de vent l'O $\frac{1}{4}$ NO se change de la même manière en l'ONO; & la troisième route, l'E, est devenu l'E $\frac{1}{4}$ SE.

103. Nous avons fait après cela une somme des lieues courues exactement dans le même sens, & nous avons ôté les unes des autres, celles qui ont été courues dans des sens directement contraires. Les lieues Nord & les lieues Ouest se sont trouvés les plus fortes; & eu égard à tout, nous n'avons couru que 155 $\frac{1}{4}$ lieues au Nord, & 78 à l'Ouest. Nous avons fait quadrer les unes avec les autres; ce qui nous a donné notre rumb de vent & nos lieues de distance en droite ligne. Les lieues Nord évaluées en degrez, nous donnent 7 deg. 47 min. de différence en latitude, & les 78 lieues Ouest réduites en lieues majeures sur le moyen parallèle, nous donnent notre différence en longitude.

104. *Second Exemple.* On est parti de 0 deg. 15 min. de latitude Sud, & de 359 deg. 40 min. de longitude. On a couru les routes suivantes avec un compas qui varioit de 8 deg. NO, & la dérive étoit d'un quart de vent du côté de bas-bord. On demande le point d'arrivée, & le chemin qu'on a fait en droite ligne.

	Rumbs valus.	N	S	E	O
I. Route. 10 li. au NE $\frac{1}{4}$ N.	NNE 8 d. N	9.7	...	2.5	
II. Route. 5 li. au NNE.	N 3 d. 15 m. E	5.0	...	0.3	
III. Route. 12 li. à l'E $\frac{1}{4}$ NE.	E NE 8 d. N	6.1	...	10.3	
IV. Route. 3 $\frac{1}{2}$ lieues au NE.	NNE 3 d. 15 m. E	3.1	...	1.5	
Lieues au Nord & à l'Est		23.9	...	14.6	
Rumb de vent en droite ligne NNE 9 d. E.					
Lieues de distance en droite ligne 28.					
	deg. min.				
Latitude du départ S.	0 15				
Différence en latitude N.	1 12				
Latitude d'arrivée N.	0 57				
Moyen parallèle.	0 28				
Longitude du départ.	359 40				
Différence en longitude E.	0 44				
Longitude d'arrivée.	0 24				

14.6 Lieues majeures Est

E X P L I C A T I O N.

105. Nous avons supposé dans cet Exemple qu'il y avoit de la dérive, & qu'elle portoit du côté de bas-bord ou de main gauche. Ainsi elle s'est jointe à la variation; & l'écart produit dans les routes en a été plus grand. On croyoit d'abord faire le NE $\frac{1}{4}$ N, mais à cause de la dérive on faisoit le NNE; & comme la variation portoit encore 8 degrez dans le même sens, on faisoit réellement le NNE 8 d. N. C'est la même chose des autres routes.

106. On change quelquefois si souvent de route dans la pratique de la Navigation, qu'on ne court que quelques lieues sur chaque rumb de vent. On peut alors réduire les lieues en milles, qui sont des tiers de lieue, ou bien on peut les mettre en dixièmes; ce qu'on fait en y ajoutant un zéro, qu'on sépare par un point, pour éviter tout mécompte. Si l'on réduit 10 lieues en dixièmes, on aura 10.0. On comptera dans l'exemple que nous nous proposons, 100 sur le NNE 8 d. N, il viendra 97 au N, & 25 à l'Est, & on écrira ces nombres, comme nous l'avons fait, en marquant un point avant la figure à droite, ce qui montre que 9.7 valent 9 lieues & 7 dixièmes; & que 2.5 valent 2 lieues & 5 dixièmes ou 2 lieues

& demie. On fera la même chose pour les autres routes. La dernière est de $3\frac{1}{2}$ lieues, qui, réduites en dixièmes, valent 35. Ainsi il a fallu compter 35 sur le NNE 3 deg. 15 min. E.

II.

*Usage de la Règle composée lorsqu'on
navigue dans un endroit où il y a des
Courans.*

107. Les moyens que nous avons expliqués dans le second Livre pour mesurer le fillage & pour reconnoître le rumb de vent, nous donnent le mouvement du Navire, eu égard à tout, ou le chemin effectif. Mais on peut s'arrêter aussi au fillage donné d'abord par le Loch ancien, & se contenter de corriger dans la route la variation de la Bouffole, & la seule dérive qui est causée par l'obliquité des voiles. On n'aura après cela le chemin du Navire qu'à l'égard de la surface de la Mer ou le fillage apparent, sans y comprendre l'effet du Courant. Alors il seroit absolument nécessaire de considérer à part le mouvement de la Mer, & il n'y auroit à la fin de toutes les routes, qu'à en joindre une dernière pour représenter l'action particulière de la Mer.

108. Les quatre routes du N°. 104. tombent dans un endroit de l'Océan où le Courant équinoxial n'est jamais oisif. Outre cela le mouvement de la Mer doit y être sensiblement le même en-bas jusqu'à une grande profondeur, à cause de la continuité & de la perpétuité de ce Courant. Ainsi les moyens proposés pour déterminer absolument le fillage & la vraie route, ne doivent pas réussir ordinairement dans ces sortes d'endroits, parce qu'il n'est pas vraisemblable que nos machines ou instrumens puissent descendre assez bas dans la Mer pour y parvenir jusqu'à l'eau qui est parfaitement en repos. Nous sçavons heureusement que le Courant équinoxial fait environ 3 lieues

par jour ; & on a aussi de tems en tems des occasions de reconnoître s'il porte un peu vers le Nord ou vers le Sud , pendant qu'il est toujours dirigé vers l'Ouest. Supposons que sa direction soit l'O $\frac{1}{4}$ N O , & que nous ayons mis 36 heures à faire les routes dont il s'agit. Il s'ensuivra de-là que le Courant nous aura transporté $4\frac{1}{2}$ lieues à l'O $\frac{1}{4}$ N O , pendant que nous avons fait nos quatre routes. Il n'y aura donc qu'à mettre à leur suite, $4\frac{1}{2}$ li. à l'O $\frac{1}{4}$ N O pour l'effet du Courant. On fera la Réduction ou la Règle composée, comme s'il y avoit effectivement cinq routes , & l'opération donnera la latitude & la longitude d'arrivée.

109. Il est apparemment impossible de trouver autrement son point dans tous les endroits où les Courans s'étendent beaucoup en profondeur , & où ils sont réglés. Mais lorsqu'ils ne sont qu'accidentels, ils ne doivent guère s'étendre en en-bas ; & nous croyons qu'il vaut mieux alors , après avoir examiné, autant qu'on le peut , par les moyens expliqués dans le second Livre , l'effet qu'ils produisent sur chaque route , comprendre cet effet dans les routes mêmes. Les Courans accidentels n'ont pas ordinairement une grande étendue en largeur , & ils sont sujets à changer de directions. Ainsi ils peuvent agir sur quelques-unes des routes , & ne pas agir sur les autres. C'est ce qui exige un examen particulier pour chacune ; & il ne coûte pas davantage de n'employer ensuite ces routes qu'après qu'on a déjà eu égard à l'altération qu'elles ont souffertes par la cause étrangère.

III.

Des Règles composées avec Correction.

110. Lorsque plusieurs routes ont été réduites à une seule en ligne droite par la Méthode précédente, il faut enfin avoir recours à une des corrections , si la latitude qu'on observe après avoir couru ces routes , ne s'accorde

pas avec la latitude estimée que donne la Règle composée. Ces sortes d'opérations reviennent presque chaque jour à la Mer, parce qu'on ne suit pas constamment le même rumb de vent, & qu'on est d'ailleurs toujours sujet à se tromper, ou dans l'estime du chemin, ou dans la détermination de la dérive, &c. Il ne s'agit, pour faire la Règle composée avec correction, que de réunir ensemble les pratiques que nous venons d'expliquer. C'est ce que nous allons faire dans quelques Exemples.

III. Premier Exemple. On est parti de 51 deg. latitude de Nord, & de 1 deg. de longitude, & après avoir couru par estime les routes que nous marquons ci-dessous avec un compas qui avoit 10 deg. de variation N O, pendant que la dérive étoit de 12 deg. du côté de Stribord, on a observé la latitude, & on l'a trouvée de 49 deg. 30 min. Nord.

	Rumbs valus.	N	S	E	O
I. Route. 15 li. au S $\frac{1}{4}$ S E.	S 9 d. 15 m. E		14. 8	2. 4	
II. Route. 7 $\frac{1}{2}$ li. au S S E.	S S E 2 d. S	...	7. 0	2. 6	
III. Route. 10 lieues au S.	S 2 d. O		10. 0	...	0. 4
				5. 0	
				0. 4	
			31. 8	4. 6	

Lieues au Sud & à l'Est 31. 8
Rumb de vent estimé en droite ligne le S 8 d. 15 m. E.
Lieues de distance estimées en droite ligne 32. 1.

	deg.	Min.	
Latitude du départ N	51		4. 3 Lieues mineur. corrig.
Latitude d'arrivée observée N	49	30	51 d. 0 m.
Différence en latitude observée S	1	30	49 30
Moyen parallèle	50	15	100 d. 30 m.
Longitude du départ	1	0	50 15 Moyen parall.
Différence en longitude corrigée	0	20	
Longitude d'arrivée corrigée	1	20	6. 7 Lieues majeur. corrig.
Rumb de vent en droite ligne S 8 d. 15 m. E.			
Lieues de distance corrigées en droite ligne 30 $\frac{1}{2}$.			

III. 2. La variation a approché de 10 degrez du Nord du Monde nos rumb de vent, & la dérive les en a éloignés de 12 degrez : de sorte que, tout compté, ils n'ont été sujets qu'à un changement de 2 degrez. Nous avons réduit les lieues en dixièmes, & il nous est venu 31. 8 li. au Sud, & 4. 6 à l'Est, que nous avons fait quadrer en-

372 *NOUVEAU TRAITE' DE NAVIGATION.*
semble pour avoir le rumb de vent estimé en droite ligne, & les lieues de distance. L'observation de la latitude faite à la fin de ces routes, nous met en état de corriger notre point. Il faut, si l'on se conforme aux règles ordinaires, faire la première correction, en conservant le rumb de vent estimé en droite route, le Sud 8 deg. 15 min. Est; & notre manière d'opérer s'y réduira aussi, parce que les deux limites principales sont celles du rumb de vent. La vraie différence en latitude qui est de 1 deg. 30 min. ou de 30 lieues, étant combinée avec ce même rumb qu'on ne corrige pas, donne $30\frac{1}{3}$ lieues de distance, & 4.3 lieues mineures corrigées qu'il ne reste plus qu'à réduire en lieues majeures.

I 13. Nous ne devons pas manquer d'avertir que la nouvelle manière que nous avons expliquée de faire les corrections, n'est applicable que lorsqu'on n'a fait qu'une seule route, ou que lorsque celles qu'on a faites, ne diffèrent guère de plus d'un quart de vent de la route moyenne ou de la route en ligne droite. Dans l'exemple que nous venons de nous proposer, on ne s'est guère éloigné du S 8 deg. 15 min. E, qui est la route en ligne droite, que d'environ un quart de vent de chaque côté: c'est pourquoi on doit se conformer aux préceptes que nous avons donnés dans l'Article VI. du Chapitre précédent. La même chose arrivera souvent en Mer. On ne suit pas constamment la même ligne; mais on ne change pas néanmoins de direction sans nécessité, & on n'en change souvent que très-peu. Dans les cas où les routes seront très-différentes les unes des autres, nous croyons qu'il sera plus à propos de faire la seconde correction de la manière qu'elle est expliquée dans l'Article III. de l'autre Chapitre; & cela conformément aux raisons que nous rapporterons dans un instant.

I 14. *Second Exemple.* On est parti de 15 deg. 51 min. de latitude Sud, & de 2 deg. de longitude. On a couru les
les

Les routes marquées cy-dessous, le compas ayant 27 deg. 30 min. de variation N O. Ces routes étant faites, on s'est trouvé en prenant hauteur, par 15 deg. 6 min. de latitude aussi Sud. On demande le point d'arrivée corrigé, avec les lieues de distance & le rumb de vent en droite route.

	Rumbs valus.	N	S	E	O
I. Route. 7 $\frac{1}{2}$ li. au N E $\frac{1}{4}$ N.	N 6 d. 15 m. E	7. 4 $\frac{1}{2}$	....	0. 8 $\frac{1}{2}$	
II. Route. 8 lieues au N . .	N N O 5 d. O	7. 1	....	....	3. 7
III. Route. 15 li. au N N O.	N O 5 d. O	9. 6	....	....	11. 5
IV. Route. 7 $\frac{1}{2}$ li. à l'O $\frac{1}{4}$ N O.	O S O 6 d. 15 m O	....	2. 0 $\frac{3}{4}$	....	7. 2
V. Route. 10 lieues au S . .	S S E 5 d. E	....	8. 9	4. 6	
		24. 1 $\frac{1}{2}$	10. 9 $\frac{1}{4}$	5. 4 $\frac{1}{3}$	22. 4
		10. 9 $\frac{1}{4}$			5. 4 $\frac{1}{3}$
Reste des lieues Nord & Oueft . . .		13. 1 $\frac{1}{4}$	....	....	16. 9 $\frac{2}{3}$

Rumb de vent estimé en droite ligne le N O 7 d. 10 m. O.

Lieues de distance estimées en droite route 21. 5.

	deg.	min.	
Latitude du départ S	15	51	
Latitude d'arrivée observée S . .	15	6	15 d. 51 m.
Différence en latitude observée N .	0	45	15 6
Moyen parallele	15	28	30 d. 57 m.
Longitude du départ.	2	0	15 28 Moyen paral.
Différence en longitude corrigée . .	0	53	
Longitude d'arrivée corrigée. . . .	1	7	17. 6 Lieues majeures.
Rumb de vent corr. en droite ligne	N O 3 d. 30' O		
Lieues de distance corrigées en droite ligne	22 $\frac{1}{2}$.		

115. Les lieues au Nord & les lieues à l'Oueft se sont trouvées les plus fortes, & elles nous ont donné le N O 7 deg. 10 min. O pour rumb de vent estimé en ligne droite, & 21 $\frac{1}{2}$ lieues de distance aussi estimées. Comme les routes que nous avons faites, sont très-différentes les unes des autres, nous employons la seconde correction ordinaire, & nous croyons que c'est le parti le plus sûr dans tous les cas compliqués. C'est le moyen au moins de ne pas doubler l'erreur déjà commise, & de ne pas transporter notre point vers l'Est, lorsqu'il faudroit le porter vers l'Oueft, ou de le mettre à l'Oueft, lorsqu'il faudroit l'avancer vers l'Est. Nous faisons donc convenir avec la vraie différence en latitude, nos lieues Oueft estimées 16. 9 $\frac{2}{3}$, sans les augmenter ni les diminuer; nous trouvons

B b b *

le chemin corrigé, & réduisant ces mêmes lieues Ouest en lieues majeures, nous avons notre différence en longitude.

Fig. 76.

116. On peut se convaincre aisément qu'on ne doit pas dans cet Exemple ni dans toutes les occasions semblables, se servir de la nouvelle manière de faire les corrections. Lorsqu'on a fait plusieurs routes, l'espace *MINO* (Fig. 76.) dans lequel il est probable qu'on se trouve, n'est pas réglé sur la grandeur du chemin en ligne droite, mais sur la longueur du circuit qu'on a fait, ou sur la longueur des routes jointes ensemble. Plus cette longueur est grande, toutes choses étant d'ailleurs égales, plus on a été exposé à se tromper. Dans notre Exemple, nos cinq routes font 48 lieues, quoiqu'il y ait un peu moins de 23 lieues en ligne droite d'un terme à l'autre. L'erreur qu'on a pû commettre, n'est donc pas renfermée dans les mêmes limites, que si on étoit allé d'un point à l'autre par le plus court chemin. Outre cela la nouvelle figure *MINO* qu'il faut imaginer à l'extrémité des cinq routes, n'est pas bornée par quatre côtés, comme dans une route simple. La diversité des routes est cause que cette figure approche beaucoup davantage d'être ronde; par la même raison que si on applique un grand nombre de quarrés les uns sur les autres, sans leur donner la même situation, il en résulte une figure dont le total a beaucoup plus de conformité avec le cercle.

117. Ainsi lorsqu'il y a plusieurs routes dans divers sens, le cas diffère peu de celui qui est représenté dans la fig. 75, & alors les lignes courbes *min*, *MIN*, &c. qui marquent les points qui sont également probables, parce qu'ils dépendent d'une erreur également possible, sont sensiblement des cercles. Mais il suit de-là que la seconde des corrections pratiquées par les Pilotes, comme dans le Chapitre précédent, est bonne dans cette rencontre: c'est-à-dire que le point d'arrivée *B*, trouvé par l'estime & la réduction des routes, doit être transporté en *F*, selon la ligne Nord

I V.

Remarques sur les Régles composées & sur la manière de réduire les Routes, lorsqu'on a été plusieurs jours sans observer Hauteur.

II 8. La manière précédente de réduire les routes par la Regle composée est suffisamment exacte dans la pratique ; mais on en fait quelquefois de très-mauvaises applications. La réduction des lieues mineures en degrez de longitude, est sujette à quelque défaut, parce que le moyen parallele n'est qu'une espèce de milieu pris grossièrement. Cependant cette opération, quoiqu'imparfaite, ne peut jetter dans aucune erreur sensible, pourvû qu'on soit attentif à réduire ses routes de jour en jour, & qu'on ne les laisse pas s'accumuler. Il pourroit arriver dans ce second cas que le moyen parallele ne convînt pas assez au plus grand nombre des routes, & que même il ne convînt à aucune.

II 9. Je crois que c'est feu mon pere qui a fait le premier cette remarque, dont il est de très-grande conséquence que les Pilotes soient avertis. Ils partent, par exemple, de 55 deg. de latitude Nord ; ils courent plusieurs jours au N, ou à des rumbes de vent qui en diffèrent très-peu, ils font plus de 200 lieues sur cette direction ; ce qui les met par plus de 65 deg. de latitude N, & ensuite ils présentent la proue tout-à-coup à l'Est, & ils courent 180, ou 200 lieues sur cette seconde ligne. L'usage de la Regle composée seroit dangereux dans ce cas. Toutes les lieues mineures, ou toutes les lieues en longitude appartiendroient à la dernière route ; elles auroient été faites sur le parallele de 65 degrez : cependant si on

faisoit la Regle composée ordinaire, on les réduiroit sur le parallele de 60 deg. qui ne conviendrait qu'à la partie de la navigation dans laquelle on n'auroit point de lieues mineures, ou de lieues à l'Est ou à l'Ouest. Si on avoit fait réellement dans la dernière route 200 lieues à l'Est, elles donneroient sur le parallele de 65 deg. $473 \frac{1}{3}$ lieues majeures, ou 23 deg. 40 min. de différence en longitude. Au lieu qu'en se conformant mal-à-propos au procédé ordinaire de la Regle composée, on réduiroit ces 200 lieues sur le parallele de 60 degrez, & on ne trouveroit que 400 lieues majeures, ou 20 deg. de différence en longitude. Le défaut seroit de 3 deg. 40 min.

120. Les Pilotes évitent cette erreur dans la pratique, en réduisant leurs routes, de 24 heures en 24 heures; le moyen parallele qu'ils employent chaque jour convient alors assez exactement à chaque partie de leur route. Cependant ils retombent souvent dans la faute qu'ils avoient évitée. Il leur arrive trop ordinairement d'être plusieurs jours sans voir le Ciel: les nuages se dissipent au bout d'un certain tems; & les Pilotes, après avoir pris hauteur, cherchent dans leurs papiers combien ils ont fait de lieues au Nord ou au Sud, & de lieues à l'Est ou à l'Ouest, depuis l'observation précédente de la latitude, & ils font quadrer ensuite ces lieues les unes avec les autres, pour avoir le rumb de vent estimé en droite ligne & les lieues de distance aussi estimées en droite route. Cette pratique est mauvaise, & elle fait perdre tout le fruit des Réductions journalières précédentes. En effet, si on a besoin du rumb de vent & des lieues de distance en droite ligne, il faut les chercher par le quatrième problème général expliqué dans le second Chapitre. On connoît la latitude & la longitude du départ, c'est-à-dire, la latitude & la longitude où l'on étoit le dernier jour qu'on a pris hauteur; on connoît de plus par la réduction journalière des routes, la latitude & la longitude estimées du point où on est actuellement. C'est là précisément le cas du quatrième Problème, si l'on

veut avoir le rumb de vent estimé en droite ligne, & des lieues de distance aussi en droite route, pour faire ensuite une des trois corrections, selon la Méthode ordinaire.

I 2 I. Mais le travail sera incomparablement plus court, si l'on employe toujours la seconde Correction, ou si on ne corrige le point d'arrivée estimé *B* (*Fig. 75.*) que pour le mettre sur le parallele de la latitude observée sans changer sa longitude estimée. On n'a alors nul besoin du rumb de vent ni des lieues de distance en droite route. On s'épargnera de cette sorte une opération qui est longue, & on ne s'écartera pas, à ce qu'il paroît, de ce que dicte la prudence dans une matiere aussi pleine de doutes. Il est vrai qu'on ne sçait encore comment placer les points intermédiaires où l'on s'est trouvé les jours qu'on n'a point pris hauteur. Mais l'embarras est le même dans la Méthode ordinaire : on se contente de les regarder comme des points estimés, qu'on ne compare pas, quant à l'exactitude avec les autres points qu'on a corrigés par l'observation de la latitude, & qu'on a le soin de distinguer dans son Journal.

V.

Dernière Correction qu'il faut faire à la Longitude, à cause de la figure de la Terre qui n'est pas parfaitement sphérique.

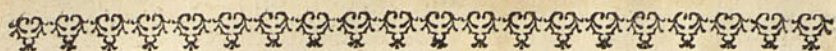
I 2 2. On pourra enfin, si on le juge à propos avoir égard au petit changement qu'apporte à la Réduction des routes la figure de la Terre, qui n'est pas parfaitement sphérique, & qui est applatie vers les Poles. Le rapport entre les degrez de longitude & ceux de latitude, n'est pas absolument le même sur la Terre que sur un Globe, & il n'est pas difficile de s'assurer que toutes les opérations que nous venons d'expliquer donnent par cette raison la différence en longitude un peu trop grande. J'indique ci-dessous la petite partie qu'il faut retrancher, selon les diver-

les latitudes où l'on navigue. Si l'on est par 30 deg. de latitude, ou si le moyen parallele est de ce nombre de degrez, on trouvera vis-à-vis la fraction $\frac{1}{109}$, qui nous apprend qu'il faut retrancher une 109^{me}. partie de la différence en longitude, après que les autres corrections ont été faites. Ainsi supposé qu'on trouvât 218 lieues majeures, & que la route eût été faite par 30 deg. de latitude, il faudroit retrancher 2 lieues ou 6 min. de la différence en longitude. J'ai expliqué dans le Livre de la figure de la Terre, déterminée par les Observations faites au Pérou, la construction de la petite Table que je donne ici.

123. Au surplus on ne doit faire la diminution dont il s'agit, qu'après qu'on a eu le soin d'assujettir le point d'arrivée sur la latitude observée. Cette opération qu'on doit faire précéder est, comme on l'a vû, extrêmement conjecturale; c'est pourquoi on peut sans doute négliger dans la pratique du Pilotage une aussi petite différence que celle qu'apporte à la longitude la figure de la Terre. Nous ne faisons aussi mention de cette différence, que parce que nous ne voulons rien oublier, & que nous sommes bien aise de satisfaire la curiosité de quelques Lecteurs.

124. TABLE de la diminution qu'il faut faire à la différence en longitude, en conséquence de la figure de la Terre qui n'est pas exactement ronde.

Latitudes moyennes	Corrections soustractives.	Latitudes moyennes	Corrections soustractives.
Degrez.		Degrez.	
0	$\frac{1}{112}$	55	$\frac{1}{170}$
10	$\frac{1}{111}$	60	$\frac{1}{212}$
20	$\frac{1}{108}$	65	$\frac{1}{280}$
30	$\frac{1}{109}$	70	$\frac{1}{414}$
40	$\frac{1}{118}$	75	$\frac{1}{663}$
45	$\frac{1}{128}$	80	$\frac{1}{1518}$
50	$\frac{1}{144}$	85	$\frac{1}{5770}$



SECONDE SECTION,

Dans laquelle on explique la Résolution des Routes de Navigation par diverses Méthodes, soit en se servant de la Règle & du Compas, soit en employant seulement le Calcul.

AVERTISSEMENT.

ON pourra regarder comme de surrogation tous les détails dans lesquels nous entrerons désormais, & qui formeront cette seconde Section. On les mettra au même rang que les choses que nous avons distinguées ci-devant à la marge par ces marques nommées Guillemets. Rien n'empêche de se servir, pour résoudre les Routes de Navigation, de toutes les Méthodes qu'on propose en Géométrie pour résoudre les Triangles. On peut, en variant ces Méthodes, trouver un nombre presque infini de différentes manières de faire, pour ainsi dire, son thème en Navigation. Nous ne croyons pas qu'on doive imposer aux Pilotes l'obligation de sçavoir plusieurs de ces diverses pratiques. Mais néanmoins les unes peuvent quelquefois servir au défaut des autres, selon qu'on veut opérer avec plus de promptitude ou avec plus de précision. Outre cela les Commensans en prendront occasion de s'exercer davantage dans l'usage du Quartier de réduction, en vérifiant sur cet instrument les Résultats qui leur seront fournis par les autres Méthodes.

CHAPITRE PREMIER.

De la Réduction des Routes par le Compas de proportion, & par l'Echelle des Cordes simples.

I.

125. **L**E Compas de proportion, qui est une des principales pièces de l'Etui de Mathématiques, est formé de deux règles, qui sont ordinairement de cuivre, lesquelles sont jointes par une charnière qui leur permet de s'ouvrir ou de se fermer. Cet instrument est propre à former tous les triangles-rectilignes possibles; les branches de cuivre en représentent deux côtés; & on tire par la pensée une ligne droite, qui va d'une règle à l'autre, & qui achève le triangle. On voit sur les deux faces de ces règles plusieurs lignes droites ou échelles, qui concourent toutes au centre de la charnière, & qui ont divers usages auxquels les destina le fameux Galilée, qui est l'inventeur de cet instrument. Mais il ne s'agit ici pour nous que des échelles des cordes qui sont marquées sur une face, & des échelles de parties égales qui sont marquées sur la face opposée. Nous ferons tous nos efforts pour rendre claires nos explications; mais malgré cela elles paroîtront obscures à ceux des Lecteurs qui n'auront pas de Compas de proportion entre les mains.

126. Les deux échelles des cordes, car il y en a une sur chaque règle, servent, en ouvrant le Compas de proportion, à former un angle, de quel nombre de degrez on veut. Si on se propose d'ouvrir l'instrument de 22 deg. 30 min. on prend avec un Compas commun la corde de ce nombre de degrez sur une des échelles; on ouvre

ouvre ensuite le Compas de proportion, & on transporte la corde depuis le point de 60 degrez d'une échelle jusqu'au point de 60 deg. de l'autre échelle; les deux branches de l'instrument, ou plutôt les deux lignes des cordes formeront après cela un angle de 22 deg. 30 min. Ainsi supposé qu'on prenne une des branches pour le Méridien ou pour la ligne Nord & Sud, l'autre branche représentera alors le NNE ou le NNO, &c.

*Trouver les Lieues de différence en latitude
& les Lieues mineures pour une Route
proposée.*

127. On a attention dans la construction de l'instrument, de faire en sorte que les deux échelles des parties égales, qui sont tracées sur une des faces, répondent exactement au-dessous des lignes ou échelles des cordes qui sont gravées sur l'autre face. Ainsi lorsqu'on forme un angle d'un certain nombre de degrez avec ces deux dernières lignes, les deux autres en forment un qui est exactement de la même grandeur. On s'en assurera, en remarquant que le point de 100 parties répond au point de 60 deg. sur l'autre face, & qu'il est indifférent de porter la longueur de la corde d'un angle proposé, depuis le point de 100 parties jusqu'au point de 100 parties, ou depuis le point de 60 deg. jusqu'au point de 60 deg. Il ne reste, après qu'on a formé avec l'instrument un angle égal à celui du rumb de vent, qu'à compter sur les parties égales le nombre de lieues qu'on a courues, en considérant le centre de la charniere, comme point de partance. L'extrémité des lieues de distance donnera le point d'arrivée; & il est évident que si on examine avec un Compas commun combien ce point est éloigné de l'autre branche, qui représente la ligne Nord & Sud, on aura les lieues mineures ou les lieues avancées vers l'Est ou vers l'Ouest. On reconnoîtra qu'on prend la plus courte distance, ou la distance

perpendiculaire, en décrivant un petit arc avec le Compas commun, qui ne doit faire que toucher la ligne Nord & Sud.

128. Si l'on entreprend de faire sur le Compas de proportion une des Regles composées que nous nous sommes proposées ci-devant, comme celle du N°. 101. nous aurons d'abord 100 lieues à courir sur le NE $\frac{1}{4}$ N, la variation de la Bouffole ayant été corrigée. Ce rumb de vent fait un angle de 33 deg. 45 min. avec la ligne Nord & Sud; c'est ce qu'on nomme l'angle du rumb de vent. Nous ouvrirons donc l'instrument de ce nombre de degrez; & après l'avoir renversé, nous compterons 100 lieues sur les parties égales; ce qui nous donnera le point d'arrivée de notre route. Mesurant ensuite la distance perpendiculaire de ce point à l'autre branche, ou plutôt à l'autre échelle des parties égales, nous trouverons que les lieues mineures sont de $55\frac{1}{2}$. Il nous restera après cela à trouver les lieues Nord, ou de différence en latitude; mais une incommodité qu'on ne peut guère éviter dans l'usage du Compas de proportion, c'est qu'il faudra changer son ouverture.

129. On prendra le complément de 33 deg. 45 min. on aura 56 deg. 15 min. pour la distance de la route à l'Est. On ouvrira le Compas de proportion de ce dernier nombre de degrez; on renversera l'instrument, & considérant une des branches comme la direction de la route, on comptera une seconde fois 100 lieues sur les parties égales; & mesurant avec un Compas commun combien le point d'arrivée se trouve éloigné de l'autre branche, qui représentera, dans ce second cas, la ligne Est & Ouest, on aura les lieues Nord qui seront de 83, comme sur le Quartier de réduction.

130. On fera la même chose pour les autres routes, dont on aura déjà disposé les articles. On a couru dans la seconde 230 lieues à l'ONO, qui est éloigné du Nord de 67 deg. 30 min. On ouvrira le Compas de proportion de

cette quantité; une des branches de l'instrument représentera ensuite le rumb de vent de la seconde route, pendant que l'autre branche représentera le Nord ou le Méridien. On comptera les 230 lieues, en prenant chaque petite partie de l'échelle pour 2 lieues. Le point d'arrivée étant remarqué, on verra avec un Compas commun combien il est éloigné à l'Ouest, & perpendiculairement de la ligne Nord & Sud, représentée par l'autre branche, & on trouvera 212 lieues mineures Ouest.

131. Le même inconvénient que ci-devant s'offrira derechef, à cause des lieues Nord. Il faudra changer l'ouverture du Compas de proportion, & la rendre de 22 deg. 30 min. afin qu'une des branches puisse représenter l'ONO, pendant que l'autre représentera l'Ouest. Si on compte après cela 230 lieues sur l'échelle des parties égales de la première, on verra que le point d'arrivée est avancé de $88\frac{1}{2}$ lieues vers le Nord.

Trouver les Lieues de distance & le Rumb de vent en droite route dans les Régles composées.

132. Après qu'on aura trouvé les lieues mineures & les lieues Sud pour la troisième route, on fera le calcul précisément de la même manière que si l'on travailloit sur le Quartier de réduction, pour avoir le résultat des lieues Nord ou Sud, & des lieues Est ou Ouest. Le tout se réduira à $155\frac{3}{4}$ lieues Nord, & 78 lieues Ouest dans l'exemple proposé. On se servira ensuite du Compas de proportion, pour découvrir le rumb de vent & les lieues de distance en droite ligne.

133. On ouvrira d'abord cet instrument, de manière qu'il forme un angle droit. On prendra 90 degrez sur les cordes, avec un Compas commun, & on portera cet intervalle depuis 60 degrez jusqu'à 60 degrez, ou depuis

100 parties jusqu'à 100 parties. Une autre maniere de former l'angle droit, consiste à prendre sur les parties égales 200 parties avec un Compas commun, & à les porter depuis le point de 160 parties d'une échelle, jusqu'à celui de 120 de l'autre. Les deux branches, ou plutôt les deux lignes seront ensuite perpendiculaires l'une à l'autre : & on pourra donc prendre l'une pour la ligne Nord & Sud, & l'autre pour la ligne Est & Ouest. Ainsi si on compte sur la premiere les $155\frac{3}{4}$ lieues Nord, & sur la seconde les 78 lieues à l'Ouest, on aura aux extrémités de ces deux quantités, le point de départ & le point d'arrivée ; & il suffira de mesurer l'hypothénuse du triangle - rectangle, pour avoir les lieues de distance en droite route, qui seront de 174.

134. Il faudra passer après cela à une autre opération pour avoir le rumb de vent en droite ligne. On prendra avec un compas les lieues mineures 78, & appliquant une des pointes du compas sur les 174 lieues de distance, on approchera l'autre branche du Compas de proportion, jusqu'à ce qu'elle soit éloignée de la première, précisément des 78 lieues mineures, & on s'en assurera en décrivant un petit arc. Le Compas de proportion dans cet état marquera l'angle du rumb de vent en droite route. Pour le mesurer, il n'y aura qu'à prendre avec un Compas commun la distance du point de 100 parties égales, au point de 100 parties, ou bien du point de 60 deg. à celui de 60 deg. & portant cette ouverture sur l'échelle des cordes, on verra que l'angle est de $26\frac{3}{4}$ deg. Le rumb de vent est entre le N & l'O ; il fera donc au-delà du NNO de $4\frac{1}{4}$ deg. c'est-à-dire, qu'il fera le NNO 4 deg. 15 min. O.

Réduire les Lieues mineures en Lieues majeures.

135. Enfin il ne restera plus qu'à réduire les lieues mineu-

res en lieues majeures, ou en degrez de longitude. On a avancé 78 lieues en tout vers l'Ouest ; mais ces 78 lieues répondent, ou sont équivalentes, à un plus grand nombre de lieues sur l'Equateur. Le moyen parallele est déjà trouvé de 48 deg. 53 min. car le calcul & la disposition des articles ne reçoivent aucun changement dans toutes ces différentes méthodes. Je prends le complément 41 deg. 7 min. du moyen parallele, & j'ouvre le Compas de proportion de ce nombre de degrez. Je prends ensuite avec un Compas commun les 78 lieues mineures ; je les porte perpendiculairement à une des branches, & le point où elles se terminent sur l'autre me marque les lieues majeures 119. Cette opération répond parfaitement, comme il est évident, à celle qui se fait sur le Quartier de réduction. Une des branches du Compas de proportion représente ici le fil tendu sur le moyen parallele, & l'autre branche represente l'axe de la Terre, conformément à ce qui a été dit dans les N°. 20. & 21.

Résoudre les autres Problèmes de Navigation sur le Compas de proportion.

136. Il ne se trouvera aucune difficulté, lorsqu'on voudra résoudre les autres Problèmes. S'il s'agit du second, on connoîtra le rumb de vent & la différence en latitude. On formera avec le Compas de proportion un angle égal à celui du complément du rumb de vent, afin qu'une des branches puisse représenter la route, pendant que l'autre branche représentera la ligne Est & Ouest. Prenant ensuite les lieues de différence en latitude avec un Compas commun, on les portera perpendiculairement à une des branches, & le point où elles se termineront sur l'autre, fera le point d'arrivée, & marquera les lieues de distance.

137. Dans le premier Exemple du second Problème (N°. 41.) on a couru au $SE\frac{1}{4}S$, & le changement en la-

titude a été de 2 deg. 30 min. ou de 50 lieues; le complément du rumb de vent, ou l'angle que fait la route avec la ligne Est & Ouest est de 56 deg. 15 min. il faut donc ouvrir d'abord le Compas de proportion de ce nombre de degrez, & prenant ensuite avec un Compas commun les 50 lieues de différence en latitude, on les portera perpendiculairement à une des branches, & on aura sur l'autre 60 lieues de distance.

138. Dans le troisième Problème, il s'agit de trouver l'angle du rumb de vent. On prendra une des branches du Compas de proportion pour la route, & l'autre pour la ligne Est & Ouest. On comptera les lieues de distance sur la première; le point où elles finiront sera le point d'arrivée; & pour régler l'ouverture du Compas de proportion, on se servira des lieues Nord ou Sud, qu'on prendra avec un Compas commun, & qu'on portera depuis le point d'arrivée perpendiculairement à l'autre branche, qui sera ensuite réellement la ligne Est & Ouest. Dans le premier Exemple du troisième Problème (N°. 49.) nous avons couru 45 lieues entre le Sud & l'Est, & nous avons changé en latitude de 1 deg. 30 min. ou de 30 lieues. On prendra donc 30 lieues avec un Compas commun, & les portant perpendiculairement à une des branches du Compas de proportion, on les fera terminer sur l'autre branche, à la fin des 45 lieues de distance. Le Compas de proportion exprimera après cela, par son ouverture, le complément du rumb de vent qu'on trouvera de 42 deg. distance du rumb de vent à l'Est. Ainsi l'angle même du rumb de vent sera de 48 degrez, & on aura couru au SE 3 deg. E.

139. On est obligé, dans tous ces Problèmes, de réduire les lieues mineures en lieues majeures; mais il faudra faire le contraire dans le quatrième Problème; on sera obligé de réduire les lieues majeures en lieues mineures. On a dans le premier Exemple du quatrième Problème (N°. 53.) une différence en longitude, qui est de 2 deg.

15 min. ou de 45 lieues majeures, & le moyen parallele est de 42. degrez. On ouvrira le Compas de proportion de 48 degrez, complément du moyen parallele; & après avoir compté sur une des branches les 45 lieues majeures, valeur de 2 deg. 15 min. de différence en longitude, on mesurera avec un compas commun la distance perpendiculaire jusqu'à l'autre branche, & on trouvera $33\frac{1}{2}$ lieues mineures. Connoissant après cela les lieues mineures & les lieues de différence en latitude, on opérera comme ci-dessus (N°. 133. & 134.) pour trouver les lieues de distance & ensuite l'angle du rumb de vent. C'est aux Lecteurs qui commencent, à se proposer un grand nombre d'exemples, s'ils veulent se rendre suffisamment familières les pratiques précédentes.

V.

*Résoudre les Problèmes de Navigation
par l'Echelle des Cordes simples.*

140. Lorsqu'on réduit une route sur le Quartier de réduction, on n'a pas réellement besoin de toutes les lignes qui sont tracées sur cet instrument; on ne se sert que de quelques-unes. Il est facile de tracer assez promptement celles-ci à part sur une feuille de papier, par le moyen de l'échelle des cordes, & de celle des parties égales, lorsqu'on se borne à la solution d'un seul Problème.

141. On fera un angle droit en tirant deux lignes droites perpendiculairement l'une à l'autre, qui représentent le Méridien & un parallele à l'Equateur. On prendra la corde de 60 degrez sur l'échelle des cordes, & on s'en servira de rayon pour décrire un arc, dont on mettra le centre à l'intersection des deux lignes droites. On peut avoir commencé par décrire cet arc, & s'en être servi pour former l'angle droit. On tirera ensuite le rumb de vent,

après avoir mis sur l'arc le nombre de degrez dont ce rumb de vent est éloigné de la ligne Nord & Sud : il ne restera plus qu'à porter sur la route la quantité de chemin qu'on a faite ; on prendra ce chemin sur l'échelle de dixmes , qui est au-dessus des échelles des cordes dans notre troisième planche ; ou bien on se servira de quelque autre échelle de parties égales. Le point d'arrivée étant trouvé, on abaissera une perpendiculaire à la ligne Nord & Sud , ou bien on tirera une parallele à la ligne Est & Ouest , & on aura les lieues mineures , pendant que les lieues de différence en latitude seront étendues sur le Méridien.

142. Rien n'empêche , si on a fait plusieurs routes , de les mettre les unes à la suite des autres , en tirant à la fin de chacune de nouvelles lignes Nord & Sud , & de nouvelles lignes Est & Ouest. La figure tracée représentera le cours de la Navigation , comme on a représenté sur la Carte des côtes de France & d'Espagne les routes *AD*, *DE*, *EF*, &c. On donnera , de cette sorte à la Méthode de résoudre les Problèmes de Navigation par l'échelle des cordes , un avantage que n'a pas le Quartier de réduction , dans lequel toutes les routes partent continuellement du même point. On tirera sur la figure ou sur l'espèce de Carte qu'on formera , une ligne droite depuis le point du départ jusqu'au point d'arrivée , & on aura le rumb de vent & les lieues de distance en droite ligne.

143. Enfin il faudra réduire les lieues mineures en lieues majeures. On cherchera le moyen parallele comme à l'ordinaire , & on tirera une ligne droite qui le représente. Cette ligne doit faire avec la ligne Nord & Sud , un angle égal au complément du moyen parallele ; & les lieues mineures étant placées comme le sinus de cet angle , on aura le long du moyen parallele les lieues majeures. On ne peut se trouver arrêté dans cette opération par aucune difficulté , puisqu'il ne s'agit précisément que de

*Solution du cinquième & du sixième
Problèmes.*

144. Nous ne résolvons que par quelque espèce de tâtonnement le cinquième & le sixième Problèmes dans lesquels la différence en longitude est connue ; mais nous pouvons ici les résoudre par une Méthode directe dont l'exactitude répondra à celle des autres Problèmes. Nous allons en faire l'application à un exemple , & on pourra employer aussi fort aisément cette même méthode dans le quatrième Problème. Nous supposons qu'on soit parti de 60 deg. 45 min. de latitude Nord , & de 15 deg. de longitude , & qu'ayant couru au N E $\frac{1}{4}$ N jusques par 19^d. 30^m. de longitude , il s'agisse de trouver la longueur du chemin qu'on a fait , & la latitude d'arrivée.

145. La différence en longitude est de 4 deg. 30 min. les lieues majeures sont donc de 90 lieues. Je les réduis en lieues mineures sur le parallele de la latitude du départ 60 deg. 45 min. de la maniere expliquée ci devant , & il vient 44 lieues mineures. Je réduis la même différence en longitude en lieues mineures par une autre latitude, plus grande de 4 ou 5 degrez que la première , ou simplement de 2 ou 3. Cependant on tâchera de se servir de la latitude d'arrivée , en prévoyant à peu près de combien elle doit être : mais il n'importe qu'on s'y trompe , & c'est ce qui est cause que la méthode que nous expliquons ici , n'est sujette à aucun tâtonnement. Je prends 62 deg. 45 min. & les 90 lieues majeures me donnent 41 $\frac{1}{2}$ lieues mineures sur cette nouvelle latitude. Prenant après cela sur le Méridien *AB* (*Fig. 77.*) le point *A* pour point de partance , j'élève la perpendiculaire *AC* que je fais de 44 lieues pour marquer les lieues mineures correspondantes à notre différence en longitude sur la

D d d

Fig. 77.

Fig. 77.

latitude du départ. Je tire aussi BD parallèlement à AC , & je fais cette ligne de $41\frac{1}{2}$ lieues ; mais au lieu de ne faire l'intervalle AB que de 40 lieues, je le fais du double de la différence en latitude que j'ai employée ; & c'est une règle générale. Je conduis ensuite la ligne droite CD ; elle représente le Méridien du point d'arrivée.

146. Cela supposé, il ne reste plus qu'à tracer du point de départ A , le rumb de vent AE , de manière qu'il fasse avec le Méridien du départ AB , un angle de 33 deg. 45 min. parce qu'on a couru au NE $\frac{1}{4}$ N. Cette ligne viendra marquer sur DC le point E pour le terme de la route. On aura les lieues de distance depuis A jusqu'en E , qu'on trouvera de $75\frac{1}{3}$; & si on conduit EF parallèlement à AC , on aura dans la longueur de cette ligne, les lieues mineures, & AF fera en même tems la différence en latitude ou les lieues Nord qu'on trouvera de $62\frac{2}{3}$ lieues, valeur de 3 deg. 8 min. Ainsi on sera arrivé par 63 deg. 53 min. de latitude Nord.

147. On peut employer la même méthode pour résoudre le sixième Problème, dans lequel connoissant la différence en longitude & les lieues de distance, on demande le rumb de vent & la latitude d'arrivée ?

148. On conduira le Méridien CD de la longitude d'arrivée, comme nous l'avons fait ; c'est-à-dire qu'on réduira la différence en longitude ou les lieues majeures en lieues mineures sur deux différentes latitudes. Les lieues mineures étant trouvées, on les étendra en AC & en BD , en rendant toujours l'intervalle AB double de celui qu'on aura mis entre les deux latitudes, & on tirera la droite CD . Enfin on prendra sur l'échelle des parties égales, les lieues de distance qui sont connues, & les portant depuis A jusqu'en E , on aura dans ce dernier point l'extrémité de la route. Il ne restera plus après cela qu'à voir la situation de AE par rapport au Méridien AB du départ, pour avoir le rumb de vent, & abaissant la perpendiculaire EF sur AB , on aura AF pour la différence en latitude.

149. Il seroit assez difficile par toute autre méthode de trouver le rumb de vent qu'il faut suivre pour se rendre par la route ou la loxodromie la plus courte d'un point de départ donné à une longitude proposée. Lorsqu'on est sur l'Equateur, il est évident qu'il faut courir exactement à l'Est ou à l'Ouest; mais si on est par $60^{\text{d.}} 45^{\text{m.}}$ de latitude, & si on veut, en faisant le moins de chemin qu'il se peut, changer en longitude de 4 deg. 30 min. il faudra suivre dans la *Figure 77* le rumb de vent qui est représenté par la ligne droite AG perpendiculaire à CD . Ce rumb de vent sera à peu près l'Est 2 deg. Nord. Si la différence en longitude étoit beaucoup plus grande, si elle étoit de 30 ou 40 degrez, le Méridien CD se trouveroit alors beaucoup plus incliné par rapport au Méridien de départ AB , & la route AG qu'il seroit à propos de prendre, seroit beaucoup plus éloignée de l'Est; il faudroit suivre l'E $\frac{1}{4}$ NE ou l'E NE. Quelque grande que soit la différence en longitude, notre construction sera également bonne, pourvu que la différence en latitude ne sorte pas des limites qui rendent exactes les méthodes ordinaires de naviguer. La *Figure 77* est à très-petit point; mais il n'y aura qu'à en augmenter les dimensions, en se servant d'une échelle dont les parties égales soient plus grandes.

Fig. 77.

CHAPITRE II.

Méthode de résoudre les Routes de Navigation, en se servant des Tables des Sinus & de celles des Logarithmes.

150. **O**N peut résoudre les mêmes Problèmes avec plus d'exactitude, en n'employant que le calcul. Les opérations qu'on fait avec la Règle & le

Compas, sont ordinairement plus promptes; mais on est au moins sujet à s'y tromper de ces petites parties qui échappent à nos sens, & qui quelquefois néanmoins deviennent très-considérables. On peut au contraire porter la précision aussi loin qu'on veut par les méthodes purement arithmétiques.

I.

*Solution du premier Problème général
de Navigation.*

151. Les Lecteurs feront bien de consulter derechef ce que nous avons dit vers la fin du premier Livre touchant la résolution des triangles-rectangles par les Tables des Sinus *. Si le triangle ABC de la Figure 34. représente celui que forment sur la surface de la Mer les lieues de distance, les lieues Nord & les lieues mineures, il n'y aura qu'à prendre pour Sinus total l'hypothénuse AC , ou les lieues de distance qu'on connoît. Les lieues mineures BC deviendront le Sinus de l'angle A , qui est l'angle du rumb de vent, & les lieues Nord AB feront le Sinus de l'angle C , qui est le complément du rumb de vent. Ainsi il n'y aura que deux règles de Trois ou analogies à faire, pour découvrir dans le premier Problème de Navigation les lieues mineures & les lieues Nord ou Sud. Nos Tables des Sinus nous offrent ces quantités toutes calculées pour une route qui seroit de 100000 li. mais il faut les réduire par des règles de Trois, parce que nos routes sont plus petites.

* Voyez
N^o.86 & suiv.

*Trouver les Lieues mineures & les Lieues
de différence en latitude.*

152. On trouvera donc les lieues mineures par cette analogie : le Sinus total est aux lieues de distance, comme le

Sinus du rumb de vent est à un quatrième terme qui sera les lieues mineures.

153. On découvrira les lieues Nord ou Sud, en faisant cette autre règle de Trois : *Le Sinus total est aux lieues de distance, comme le Co-Sinus du rumb de vent est aux lieues de différence en latitude,*

Réduire les Lieues mineures en Lieues majeures.

154. La différence en latitude étant trouvée, on cherchera la latitude d'arrivée & le moyen parallèle comme à l'ordinaire, & on passera ensuite à la réduction des lieues mineures en lieues majeures. Ceci se rapporte à ce que nous avons expliqué dans la première Section de ce cinquième Livre, depuis le N°. 16. jusqu'au N°. 24. Si dans la figure 33. la ligne *CH* représente le fil du Quartier de réduction, tendu sur le moyen parallèle, & qu'on prenne les lieues majeures *CD* ou *CH* pour rayon ou Sinus total, les lieues mineures *FD* ou *BH* feront Sinus du complément du moyen parallèle. Ainsi nous n'aurons qu'à faire cette analogie pour trouver les lieues majeures : *Le Sinus complément du moyen parallèle est aux lieues mineures, comme le Sinus total est aux lieues majeures.*

155. Si l'on veut faire ce calcul par une règle de Trois dont le Sinus total soit le premier terme, il n'y a qu'à considérer les lieues mineures comme rayon ou Sinus total, & les lieues majeures deviendront Sécante du moyen parallèle. On pourra donc faire cette autre règle de Trois : *Le Sinus total est aux lieues mineures, comme la Sécante du moyen parallèle est aux lieues majeures.*

EXEMPLE DU PREMIER PROBLEME.

156. On est parti de 60 deg. 45 min. de latitude Nord & de 15 deg. de longitude; on a couru $75\frac{1}{2}$ lieues, ou

226 milles ou tiers de lieue au $NE\frac{1}{4}N$. On demande la latitude & la longitude d'arrivée.

	deg.	min.	
I 57. Latitude du départ N. . .	60	45	187.9 Milles au Nord.
Différence en latitude N . .	3	8	125.6 Milles mineur. à l'E.
Latitude d'arrivée N . .	63	53	60 d. 45 m.
Moyen parallèle . . .	62	19	63 53
Longitude du départ . . .	15	0	124 d. 38 m.
Différence en longitude E . .	4	30	62 19 Moyen parall.
Longitude d'arrivée . . .	19	30	270.3 Milles majeur. à l'E.

I 58. Les articles étant disposés, comme lorsque nous travaillons par le Quartier de réduction, je fais attention que le $NE\frac{1}{4}N$ est éloigné du Nord de 33 deg. 45 min. Je cherche le Sinus de cet angle dans les Tables, je trouve 55557, & je transcris en même tems le Co-Sinus, ou Sinus de complément 83147. Ces deux nombres serviront de troisièmes termes aux deux analogies qu'il faudra que nous fassions pour trouver les deux côtés AB & BC du triangle de la figure 34.

I 59. La première de ces règles de Trois consiste à dire: Le Sinus total 100000 est aux 226 milles de longueur du chemin, comme le Co-Sinus 83147 du rumb de vent est à 187.9 milles de différence en latitude. Le produit de 226 par 83147 est 18791222 qu'il faut diviser par le Sinus total; mais il suffit, pour faire cette division, de retrancher cinq figures à la droite; & comme le premier des chiffres retranchés est un 9, il forme 9 dixièmes de mille qu'on peut joindre aux 187 milles, en le distinguant par un point. On a donc presque 188 milles ou tiers de lieue de différence en latitude, valeur de 3 deg. 8 min.

I 60. Nous avons pour l'autre règle de Trois: Le Sinus total 100000 est aux milles 226 du chemin comme le Sinus 55557 de l'angle du rumb de vent est aux milles avancés vers l'Est. Le produit des deux derniers termes est 12555882; & retranchant les cinq dernières figures, on a 125.5 milles mineurs avancés vers l'Est, ou plutôt 125.6, à cause de la grandeur du reste. Si on veut porter

la précision encore plus loin, il n'y a qu'à employer les deux premiers chiffres retranchés, & on aura 125.56, c'est-à-dire, 125 milles, & 56 centièmes.

161. Il faut enfin réduire ces 125.6 milles mineurs en degrez & minutes de longitude, en se servant du moyen parallele 62 deg. 19 min. On fera cette règle de Trois : Le Co-Sinus de 62 deg. 19 min. sçavoir, 46458 est aux milles mineurs 125.6, comme le Sinus total 100000 est à 270.3 milles majeurs. On peut négliger les 3 derniers dixièmes de mille qui sont moindres qu'un tiers de mille. On aura donc 270 milles majeurs, ou 270 minutes, valeur de 4 deg. 30 minutes de différence en longitude.

162. Au lieu de faire la règle de Trois précédente, on fera, si l'on veut cette autre : Le Sinus total 100000 est aux milles mineurs 125.6, comme la Sécante 215246 du moyen parallele est aux milles majeurs 270.

163. On peut suivre une autre pratique, quant au moyen parallele. On peut faire une somme des Co-Sinus des deux latitudes du départ & de l'arrivée; & prenant la moitié de la somme, il viendra pour Sinus complément du moyen parallele une quantité un peu moindre que celle que nous avons trouvée ci-devant, mais qui n'en différera guère : il viendra 46441 dans l'exemple proposé. Au lieu de prendre la Sécante du moyen parallele, on peut aussi ajouter ensemble les Sécantes des deux latitudes, & prendre la moitié de leur somme. On trouvera une Sécante un peu plus grande que lorsqu'on s'arrête à celle du nombre de degrez, qui tient exactement le milieu entre les deux latitudes, & qu'on nomme souvent *le Moyen parallele arithmétique*.

Résoudre le même Problème par les Logarithmes.

164. On fera précisément les mêmes règles de Trois ou analogies, en cherchant les Logarith. Sinus dans la pre-

mière Table, & les Logarithmes des lieues ou des milles dans la Table des Logarithmes des nombres absolus ; mais il faudra ajouter ensemble, comme on le fait, le second & le troisième termes, & on en ôtera le premier ; ce qui tiendra lieu de multiplication & de division. Nous aurons pour les trois premiers termes de l'analogie qui doit nous donner les lieues mineures ou milles à l'Est dans l'exemple précédent, le Logarith. 10.0000000 du Sinus total, le Log. 2.3541084 des 226 milles de chemin, & le Log. Sin. 9.7447390 de l'angle du rumb de vent 33 deg. 45 min. On trouvera par le calcul le quatrième terme 2.0988474 qui répond à environ 125½ milles mineurs avancés vers l'Est.

165. L'autre analogie sera : 10.0000000 est au Logarithme 2.3541084 du chemin, comme le Co-Sinus Logarith. 9.9198464 du rumb de vent est à 2.2739548 qui répond à presque 188 pour les milles de différence en latitude, avancés au Nord.

166. Nous aurons enfin pour la réduction des milles mineurs en degrez de longitude : Le Logarith. 9.6670647 du Sinus complément du moyen parallele est au Logarithme 2.0988474 des milles mineurs, comme le Logarithme 10.0000000 du Sinus total est au Log. des milles majeurs. Le quatrième terme est 2.4317827 qui répond à 270 milles ou tiers de lieue, qui valent 4 degrez 30 min. de différence en longitude. On doit remarquer que nous avons employé le Log. 2.0988474 que nous a fourni immédiatement notre première analogie pour les milles à l'Est, & qu'on peut de cette sorte se dispenser de chercher à quel nombre répond ce Logarithme.

Résoudre le même Problème en ne faisant que deux Analogies.

167. Il est facile de s'appercevoir que les calculs précédens peuvent s'abréger encore plus considérablement, &

& qu'au lieu de trois analogies que nous venons de faire, on peut toujours n'en faire que deux. Il en faut nécessairement une pour découvrir la différence en latitude; mais on peut trouver la différence en longitude, sans chercher les lieues mineures. Il n'y aura pour cela qu'à faire cette seule proportion : *La Sécante du complément du rumb de vent est aux lieues de distance, comme la Sécante du moyen parallèle est aux lieues majeures.*

168. On verra la raison de cette analogie, en considérant les lieues mineures BC dans la figure 34, comme Sinus total, & les mêmes lieues mineures FD dans la fig. 33. aussi comme Sinus total. Les lieues de distance AC dans la fig. 34, seront Sécante de l'angle C complément du rumb de vent, & les lieues majeures CD dans la fig. 33, seront Sécante de l'angle D , qui est égal au moyen parallèle, puisque l'angle FCD en est le complément. Ainsi comparant la Sécante compl. du rumb de vent aux li. de distance, on peut comparer la Sécante du moyen parallèle aux lieues majeures; puisque les lieues mineures, quoiqu'on ne se donne pas la peine de les chercher, sont également prises pour Sinus total dans ces deux comparaisons.

169. Il y a même rapport entre deux Sécantes qu'entre leurs Sinus de complément, mais dans un ordre renversé, comme nous l'avons fait remarquer dans le premier Livre*. Ainsi on peut encore trouver immédiatement les lieues majeures par cette analogie : *Le Sinus complément du moyen parallèle est aux lieues de distance, comme le Sinus du rumb de vent est aux lieues majeures.* ^{84.} * Voyez N^o.

170. Si nous appliquons cette dernière proportion à l'exemple proposé; nous aurons; 9.6670647 Log. du Sinus compl. du moyen parallèle est au Log. 2.3541084 des milles de chemin 226, comme le Log. 9.7447390 de l'angle du rumb de vent 33 deg. 45 min. est à 2.4317827 pour le Log. de la différence en longitude 270 milles ou tiers de lieue, comme nous l'avons déjà trouvé.

II.

*Solution du second Problème de Navigation
en se servant des Tables des Sinus &
des Logarithmes.*

171. *Exemple.* On est parti de 44 deg. de latitude Sud & de 359 de longitude, & ayant couru au SSE 5 deg. S, on est arrivé par 48 deg. de latitude aussi Sud. On demande le nombre de lieues qu'on a courues, & la longitude du point où on est arrivé.

172. La différence en latitude est de 4 deg. ou de 80 li. & l'angle du rumb de vent est de 17 deg. 30 min. il seroit de 22 deg. 30 min. si nous avions couru exactement au SSE; mais les 5 degrez sont à retrancher de 22 degrez 30 min. Cela supposé, dans le triangle-rectangle ABC (Fig. 34.) que forme notre route avec les lieues Nord & les lieues mineures, nous connoissons le côté AB & l'angle A , il s'agit de trouver d'abord les lieues de distance AC & les lieues mineures BC .

Trouver les Lieues de distance & les Lieues mineures.

173. Si nous prenons la différence en latitude pour Sinus total, les lieues de distance serviront de Sécante au rumb de vent ou à l'arc BF , qui en mesure l'angle, & les lieues mineures BC , seront en même tems Tangente. Ainsi nous pourrons faire ces deux proportions : *Le Sinus total est aux lieues Nord ou Sud, comme la Sécante du rumb de vent est aux lieues de distance; & cette autre : Le Sinus total est aux lieues Nord ou Sud, comme la Tangente du rumb de vent est aux lieues mineures.*

174. Comme la plupart des Tables ne contiennent pas de Logarithme pour les Sécantes, on sera obligé de

changer la première de ces proportions, lorsqu'on voudra se servir des Logarithmes. On prendra les lieues de distance *AC* pour rayon ou Sinus total, en décrivant l'arc du point *C* comme centre, & on fera cette analogie : *Le Sinus complément du rumb de vent est aux lieues de différence en latitude comme le Sinus total est aux lieues de distance.*

175. Nous allons appliquer cette dernière analogie à l'exemple que nous voulons résoudre. Nous aurons ; 9.9817370 Log. du Sinus complément du rumb de vent est au Log. 1.9030900 des 80 lieues de différence en latitude, comme le Log. 10.0000000 du Sinus total est à 1.9213530 Log. de 83.44 lieues de distance. On remarquera qu'au lieu de chercher simplement 1.9213530 dans les Tables, nous avons augmenté sa caractéristique ou figurative de 2, & que nous avons cherché 3.9213530. C'est précisément la même chose que si nous avions multiplié les lieues de distance par 100. Nous avons trouvé ensuite 83.44 lieues de distance, ou 83 lieues & 44 centièmes, au lieu de 83. Si l'on n'augmentoît la caractéristique que d'une unité, les lieues de distance ne se trouveroient multipliées que par 10; & on auroit 83.4. On peut, en écrivant les articles, négliger une petite fraction, & mettre $83\frac{1}{2}$ lieues.

176. L'analogie qui sert à trouver les lieues mineures se réduit à celle-ci : Le Log. 10.0000000 du Sinus total est au Log. 1.9030900 de 80 lieues de différence en latitude, comme le Log. 9.4987223 de la Tangente du rumb de vent 17 deg. 30 min. est à 1.4018123 Log. d'un peu plus de 25 pour les lieues mineures.

Réduction des Lieues mineures en Lieues majeures.

177. Enfin nous réduisons ces lieues mineures en lieues majeures par cette dernière analogie ; 9.8417713 Log. du Co-Sinus du moyen parallele est au Log. 1.4018123 des
E e e ij

lieues mineures , comme le Log. du Sinus total est à 1.5600410 Log. de 36.3 lieues majeures qui valent 1 deg. 49 min. de différence en longitude : ainsi le Problème est entièrement résolu. Si nous avons cherché immédiatement le Log. 1.5600410 dans les Tables , nous eussions trouvé 36 lieues majeures & un peu plus ; mais ayant augmenté d'une unité la figurative du Logarithme , il nous est venu 2.5600410 , qui nous a donné la différence en longitude en dixièmes de lieues.

Résoudre le second Problème , en ne faisant que deux analogies.

178. On peut dans ce Problème s'épargner également , si l'on veut , la peine de faire trois analogies , & on n'en fera que deux , en cherchant les lieues majeures sans les déduire des lieues mineures. On se servira pour cela d'une des deux règles de Trois que nous avons indiquées ci-dessus N^o. 167 & 169 , ou bien on fera cette autre proportion : *La Tangente du complément du rumb de vent est à la différence en latitude , comme la Sécante du moyen parallèle est à la différence en longitude ou aux lieues majeures.* Il est facile de s'assurer que cette analogie est exacte ; car prenant les lieues mineures pour Sinus total ou pour rayon , la différence en latitude sert de Tangente au complément du rumb de vent dans un triangle , pendant que les lieues majeures servent de Sécante dans l'autre triangle.

III.

Solution du troisième Problème.

179. *Exemple.* On est parti de 48 deg. 45 min. de latitude Nord , & de 2 deg. 50 min. de longitude , on a couru 160 lieues entre le Sud & l'Ouest , & on est arrivé par 43 deg. 30' de latitude aussi Nord. On demande quel est

le rumb de vent qu'on a suivi, & par quelle longitude on est arrivé.

Trouver le Rumb de vent.

180. Si nous prenons les lieues de différence en latitude pour sinus total dans la *Figure 34.* les lieues de distance seront sécante du rumb de vent. Ainsi nous pourrons faire cette proportion : *Les lieues de différence en latitude sont au sinus total, comme les lieues de distance sont à la sécante du rumb de vent.* On ne manquera pas de remarquer que nous sommes attentifs à rendre les deux comparaisons exactes ; nous mettons au premier terme les lieues de différence en latitude, pendant que nous mettons au troisième les lieues de distance ; & ces deux termes sont également des lieues. Le second & le quatrième termes sont aussi de même genre ; puisque nos Tables ne font que représenter sous le nom de sinus total, de sécante, &c. les dimensions d'un triangle, dont un des côtés est de 100000 parties. Nous pouvons, au lieu de la proportion précédente, faire cette autre, en prenant les lieues de distance *AC* pour rayon, & en mettant en *C* le centre de l'arc *AE* : *Les lieues de distance sont au sinus total, comme les lieues Nord ou Sud sont au sinus complément du rumb de vent.*

181. Si nous appliquons cette seconde analogie à l'exemple proposé, nous aurons ; les lieues de distance 160 sont au sinus total 100000, comme les 105 lieues de différence en latitude sont à 65625 co-sinus du rumb de vent. Ce Sinus répond à 41 deg. 1 min. Ainsi l'angle du rumb de vent est de 48 deg. 59 min. & la route est donc le SO 3 deg. 59 min. O.

182. L'opération sera ordinairement plus courte par les Logarithmes. Nous aurons ; le Log. 2. 2041200 des lieues de distance est au log. 10. 0000000 du sinus total, comme le Log. 2. 0211893 des lieues de différence en latitude est à 9. 8170693 Log. co-sinus du rumb de vent 48 deg. 59 min.

Trouver la différence en longitude.

183. Nous pouvons trouver après cela la différence en longitude immédiatement par la proportion que nous avons donnée dans le Problème précédent (N°. 178.) ou par l'une des deux que nous avons indiquées dans le premier Problème, N°. 167 & 169. Mais si on veut la déduire des lieues mineures, nous chercherons ces dernières lieues comme dans le premier ou dans le second Problème. Supposé que nous prenions la différence en latitude pour sinus total, les lieues mineures seront tangente de l'angle du rumb de vent. Ainsi nous ferons cette analogie : Le sinus total 100000 est aux lieues de différence en latitude 105, comme la tangente de l'angle du rumb de vent 114969 est aux lieues mineures 120. 7.

184. Si l'on fait l'analogie par les Logarithmes, on aura : 10.0000000 est à 2.0211893, comme 10.0605818 est à 2.0817711 Log. de 120. 7.

185. Enfin on réduira les lieues mineures en lieues majeures par cette proportion ; le Log. 9.8407880 co-sinus du moyen parallele 46 deg. 7 $\frac{1}{2}$ min. est au Logar. 2.0817711 des lieues mineures, comme le Logarithme 10.0000000 du sinus total est à 2.2409831 Log. de 174. 2 lieues majeures, valeur de 8 deg. 43 min. de différence en longitude.

I V.

QUATRIEME PROBLEME.

186. *Exemple.* On est parti de 43 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 354 deg. 7 min. de longitude, & on est arrivé par 48 deg. 45 min. de latitude aussi Nord, & 2 deg. 50 min. de longitude. On demande le rumb de vent sur lequel on a couru & la longueur de la route.

Réductions des Lieues majeures en Lieues mineures.

187. Connoissant les deux latitudes, nous trouverons le moyen parallèle $46^{\circ} 7\frac{1}{2}'$ min. dont on se servira pour réduire la différence en longitude $8^{\circ} 43'$ min. ou les lieues majeures $174\frac{1}{3}$ en lieues mineures. Nous ferons pour cela le contraire de ce que nous faisons dans les Problèmes précédens : nous dirons ; le sinus total 100000 est aux lieues majeures $174\frac{1}{3}$, comme le sinus complément 69308 du moyen parallèle est aux lieues mineures 120.8 .

Trouver le Rumb de vent.

188. Les lieues mineures étant trouvées, elles nous serviront, avec les lieues de différence en latitude, à trouver le rumb de vent. Nous dirons : Les lieues Nord 105 sont au sinus total, comme les lieues mineures 120.8 sont à la tangente du rumb de vent. Il vient 115073 pour cette tangente, qui répond à un peu plus de 49 degrés. Ainsi le rumb de vent est le NE 4° E.

Trouver les Lieues de distance.

189. Enfin on trouvera les lieues de distance par cette proportion ; le Sinus total 100000 est aux lieues de différence en latitude 105 comme la sécante du rumb de vent 152450 est à 160.1 .

190. Si l'on veut opérer par les Logarithmes, on prendra les lieues de distance pour sinus total, & on fera l'analogie indiquée N°. 174, dans le second Problème.

Solution du même Problème, en ne faisant que deux analogies.

191. On peut aussi se dispenser, si l'on veut, de cher-

cher les lieues mineures , & on s'épargnera la peine de faire une des trois analogies que nous venons de prescrire. On emploiera dans un ordre renversé celle dont nous nous sommes servi dans le second Problème, N°. 178. On dira : Les lieues majeures sont à la sécante du moyen parallele , comme les lieues de différence en latitude sont à la tangente du complément du rumb de vent. Il ne restera plus après cela , (le rumb de vent étant trouvé ,) qu'à chercher comme ci-dessus les lieues de distance.

V.

CINQUIEME PROBLEME.

192. *Exemple.* On est parti de 60 deg. 45 min. de latitude Nord , & de 15 deg. de longitude , on a couru au NE $\frac{1}{4}$ N , & on est arrivé par 19 deg. 30 min. de longitude. On demande les lieues de distance & la latitude d'arrivée.

Trouver dans la Figure 77 l'obliquité qu'ont l'une par rapport à l'autre les deux lignes droites A B & C D , qui représentent les Méridiens.

193. Nous réglerons notre calcul pour résoudre ce Problème , sur l'opération que nous avons expliquée à la fin du Chapitre précédent. Nous réduirons d'abord les 4 deg. 30 min. de différence en longitude ou les 90 lieues majeures en lieues mineures , sur le parallele de la latitude du départ. Nous ferons cette analogie : Le sinus total est aux lieues majeures , comme le sinus complément de la latitude du départ est aux lieues mineures , ou à l'intervalle A C , (Fig. 77.) que nous mettrons entre les deux Méridiens A B & C D , sur le parallele du départ. Nous trouverons A C de 43 . 28 lieues dans cet Exemple,

194. Nous réduirons ensuite les lieues majeures en lieues mineures sur une autre latitude, plus grande ou plus petite que celle du départ, selon que notre route nous éloigne de l'Equateur ou nous en approche. Nous avons choisi 62 deg. 45 min. de latitude, & les 90 lieues majeures se réduisent sur ce parallèle à 41.21 lieues pour BD . Ainsi la quantité dont il s'en faut que le Méridien CD ne soit parallèle à l'autre, est de 2.77 lieues, & c'est la valeur de Dd ; mais au lieu de faire AB ou Cd de 40 lieues, il faut le faire de 80. Dans le triangle DdC connoissant après cela Cd de 80 lieues, & Dd de 2.77, nous n'avons qu'à faire cette proportion; Cd est au sinus total comme Dd est à la tangente de l'angle DCd ; & nous trouverons cet angle de 1 deg. 59 min. C'est donc de cette quantité, dont les deux Méridiens AB & CD s'approchent l'un de l'autre.

Fig. 77.

Trouver les Lieues de distance & la différence en latitude.

195. Le reste du calcul ne contient aucune difficulté. Nous connoissons désormais dans le triangle ACE les trois angles & le côté AC : il suffit de faire une seule analogie pour trouver les lieues de distance AE . Nous connoissons l'angle EAC , qui est le complément du rumb de vent, & qui est de 56 deg. 15 min. D'un autre côté l'angle ECA est l'angle droit diminué de l'angle DCd ; & il est donc de 88 deg. 1 min. l'angle E , qui est le troisième angle, est le reste à 180 degrez; ou, si on veut le trouver autrement, il n'y a qu'à augmenter l'angle du rumb de vent, en y ajoutant 1 deg. 59 min. pour l'obliquité d'un Méridien par rapport à l'autre; mais il faudroit soustraire cette obliquité, si les deux Méridiens alloient en s'écartant, comme cela arrive lorsque la route fait qu'on s'approche de l'Equateur. Nous aurons ici 35 deg. 44 min. pour l'angle requis AEC . Ces préparations étant faites,

Fff

Figure 77. nous n'aurons qu'à nous servir de cette analogie : Le sinus de l'angle E est à AC , qui est de 43.98 lieues, comme le sinus de l'angle ACE , qui est de 88 deg. 1 min. est au côté AE , qui lui est opposé. Il vient 75.29 lieues pour ce côté, & c'est la longueur du chemin ou les lieues de distance qu'on vouloit découvrir.

196. Enfin les lieues de distance étant connues, on cherchera comme ci-devant les lieues Nord ou de différence en latitude. On trouvera 62.60 lieues, valeur de 3 deg. 8 min. & le Problème sera entièrement résolu.

197. La démonstration de la pratique précédente se présenteroit naturellement, si l'on voyoit pourquoi, après avoir fait la réduction de la seconde distance BD des Méridiens, pour une certaine latitude, on met toujours BD par une latitude deux fois plus éloignée. Si l'on ne faisoit pas cette transposition, les lignes droites AB & CD se trouveroient exactement dirigées comme les Méridiens le sont sur la surface du Globe dans l'endroit où se fait la Navigation; au lieu que dans la Figure 77 les deux Méridiens vont se rencontrer deux fois plus loin. C'est ce que nous sommes obligés de faire pour corriger le défaut de nos triangles rectilignes qui ne représentent pas parfaitement les triangles loxodromiques, quant aux lieues mineures. On n'a qu'à se ressouvenir de ce que nous disions vers le commencement de ce Livre N°. 13 & 14. Nous partions du point A dans la Figure 53, & nous suivions la route AI ; mais, comme on le sçait, nos lieues mineures n'étoient représentées, ni par AD , ni par QI , mais par XY . Or lorsqu'on substitue, comme cela se fait dans toutes les pratiques ordinaires du Pilotage, une ligne droite à la place de la loxodromie AI , & que nous rendons QI égale aux lieues mineures XY , si l'on veut que l'extrémité I de la route tombe toujours sur le Méridien DP , il faut nécessairement changer la direction de ce Méridien, & porter à une distance double le point de concours P . On corrigera de cette sorte une altération par

une autre ; & comme tout ensuite se rapportera parfaitement , ce sera précisément la même chose que si on n'avoit pas représenté la loxodromie ou le rumb de vent par une ligne droite.

Autre Méthode de trouver dans la Figure 77 l'obliquité des deux Méridiens AB & CD.

198. Nous pouvons découvrir l'obliquité des deux Méridiens *AB* & *CD* de la *Fig. 77.* d'une manière plus courte, mais qui est sujette à cet inconvénient, que la démonstration en fera un peu plus difficile, & ne sera entendue que par les Lecteurs qui sçauront un peu plus de Géométrie que nous n'en avons expliqué dans cet Ouvrage. Nous réduirons d'abord en parties du Sinus total l'arc de l'Equateur qui répond à la différence en longitude. La corde de 60 degrez est égale au rayon, mais l'arc est un peu plus grand ; & pour en avoir un qui soit égal au rayon, il faut le prendre d'environ 57 deg. 18 min. ou de 3438 minutes. Nous pourrons donc faire cette analogie ; 3438^{m.} est au Sinus total que nous désignons par la lettre *r*, comme la différence en longitude en minutes que nous nommerons *d*, est à $\frac{rd}{3438}$ pour la valeur de la différence en longitude en parties du rayon. Cette valeur étant trouvée, nous chercherons celle de *AC* (*Fig. 77.*) par cette analogie ; le Sinus total *r* est à $\frac{rd}{3438}$ comme le Sinus *c* du complément de la latitude du point *A* est à $AC = \frac{cd}{3438}$.

199. Cela supposé, nous considérerons que si on prolongeait en lignes droites les deux Méridiens qui passent sur la Terre par les points *A* & *C*, ils iroient se rencontrer en dehors du Globe sur l'axe prolongé, & leur longueur seroit égale à la Tangente *t* du complément de la latitude. Mais, comme nous l'avons vû, l'altération que nous faisons au triangle loxodromique, en le rendant rectiligne, exige que nous portions le point de concours des Méridiens à une distance double. Il faut par

Fig 77.

conséquent doubler la Tangente t du complément de la latitude, & il ne restera plus après cela pour trouver l'angle que forment les deux lignes AB & CD , qu'à résoudre le triangle-rectangle dont le côté AB prolongé est double de t , & dont l'autre côté AC est égal à $\frac{cd}{s438}$. Nous ferons cette proportion ; le premier côté $2t$ est au Sinus total r comme $AC = \frac{cd}{s438}$ est à la Tangente de l'obliquité requise, qui sera $\frac{r cd}{s876t}$; & si à la place du rapport du Sinus c complément de la latitude & de la Tangente t du même complément, on met le Sinus s de la latitude & le Sinus total, nous aurons $\frac{sd}{s876}$ pour la Tangente de l'obliquité requise.

200. Ainsi pour trouver combien une des lignes CD est oblique par rapport à l'autre AB , nous n'avons qu'à faire cette simple analogie ; le nombre constant 6876 est à la différence en longitude en minutes, comme le Sinus de la latitude du départ est à la Tangente de l'obliquité des deux lignes AB & CD .

* N°. 149.

201. On trouvera dans cet exemple que l'obliquité est de 1 deg. 58 min. mais si la différence en longitude étoit de 25 deg. ou de 1500 min. on trouveroit que les lignes AB & CD qui représentent les Méridiens, devroient avoir entr'elles une obliquité de 10 deg. 46 min. Ainsi selon ce que nous avons dit à la fin du Chapitre précédent*, il faudroit suivre l'E 10 deg. 46 min. N, pour changer de 25 deg. de longitude par le plus court chemin, lorsqu'on part de 60 deg. 45 min. de latitude Nord. C'est là une solution approchée d'un Problème qu'il seroit assez difficile de résoudre d'une manière plus simple.

V I.

Solution du sixième Problème.

202. *Exemple.* On est parti de 60 deg. 45 min. latitude Nord & de 15 deg. de longitude ; on a couru 100 li.

entre le Nord & l'Est jusques par 19 deg. 30 min. de longitude. On demande la latitude d'arrivée & le rumb de vent qu'on a suivi.

203. On cherchera la longueur de AC (Fig. 77.) comme dans le Problème précédent, en réduisant les lieues majeures en lieues mineures sur le parallele de la latitude du départ 60 deg. 45 min. on trouvera que AC est presque de 44 lieues. On se servira ensuite de l'analogie; 6876 est au Sinus de la latitude, comme les minutes de différence en longitude sont à la Tangente de l'angle DCd , ou de l'obliquité des Méridiens AB & CD , l'un par rapport à l'autre, laquelle sera de $1^d. 58 \text{ min.}$ On connoitra ensuite dans le triangle ACE l'angle C qui est le complément de l'angle DCd , & les deux côtés AE & AC ; ce qui mettra en état de résoudre ce triangle. Nous disons que l'angle ACE est le complément de l'angle DCd , parce que nous augmentons en latitude; mais si nous diminuions, il faudroit ajouter l'angle DCd à 90 degrez.

Fig. 77.

204. On fera après cela cette analogie; les lieues de distance AE , qui sont de 100 dans cet exemple, sont au Sinus de l'angle ACE qui lui est opposé, & qui est de 88 deg. 2 min. comme AC qui est de 43.98 lieues, est au Sinus de l'angle E qui se trouve d'environ $26^d. 4\frac{1}{2}^m.$ & si on en ôte 1 deg. 58 min. pour l'obliquité de CD , il restera 24 deg. 6 min. pour l'angle du rumb de vent. Ainsi on a couru au NNE 1 deg. 36 min. E.

205. Enfin connoissant le rumb de vent qu'on vient de découvrir, & les lieues de distance qui sont données, il ne restera plus qu'une analogie à faire pour avoir les lieues Nord. On les trouvera de 91.28 ou de presque $91\frac{1}{3}$, qui valent 4 deg. 34 min. de différence en latitude, & qui donnent 65 deg. 19 min. pour la latitude d'arrivée.



CHAPITRE III.

Méthode de résoudre les Problèmes de Navigation par l'Echelle des Logarithmes, nommée vulgairement Echelle Angloise.

206. **L**es analogies ou proportions que nous venons d'employer, servent aussi lorsqu'on veut résoudre les Problèmes de Navigation par l'échelle des Logarithmes dont nous avons déjà eu occasion de parler. Nous avons mis ces échelles au bas d'une Carte dont il est facile de les détacher, comme nous avons eu soin d'en avertir. Nous en donnerons l'usage après avoir expliqué leur construction.

I.

Construction des Echelles des Logarithmes.

207. On met ordinairement trois de ces échelles l'une au-dessus de l'autre; on les fait exactement de même longueur, & on les rend parallèles. La première exprime par ses divisions les Logarithmes des nombres absolus; c'est sur cette échelle qu'on prend le nombre des lieues de distance ou des milles de la marche du Navire, & toutes les autres mesures dont on se sert pour déterminer la longueur des côtés des triangles-rectilignes. Au-dessous de cette échelle on en met une autre qui est formée des Logarithmes-Sinus, de degré en degré jusqu'à 90; & plus bas on met la troisième échelle qui contient les Logarithmes-Tangentes jusqu'à 45 degrés. On ne prolonge pas celle-ci plus loin, afin qu'elle soit de même longueur que celle des Sinus; & quant à la première ou celle des nom-

bres absolus, on se contente de la marquer jusqu'à 100.

208. La construction de ces échelles se réduit presque à ce que nous avons dit dans le premier Livre, en parlant en général de la construction des échelles. On tire à part une ligne droite, précisément de la longueur qu'on veut donner aux échelles, & on la divise en 20 parties égales, qu'on fait valoir chacune 100. On sçait assez qu'il n'est pas nécessaire pour cela de partager chacune de ces 20 parties en 100; il suffit d'en diviser une; & même au lieu de la diviser réellement, on se contente de la partager en 10 parties égales, & une de ces parties en 10. On pourroit faire, pour plus de précision une échelle de dixme; mais on pourra s'en dispenser, & diviser simplement la ligne en parties égales, comme nous le disons: cette première ligne, malgré ses divisions & subdivisions, ne sert qu'à la construction des trois échelles; & c'est pour cette raison que nous avertissons qu'il faut la tracer à part. On la fera sur une feuille de carton, ou sur une table; on numérottera ses vingt parties, en écrivant à la fin de chacune 100, 200, 300, &c. jusqu'à 2000.

209. On s'arrête à cette division de 2000 parties, parce que le log. de 100 s'y réduit aisément. Le log. de ce nombre est 2.0000000. On sçait que la caractéristique est considérée comme si elle n'étoit pas séparée par un point. D'un autre côté on peut diminuer tous les logarithmes; & pourvu qu'on les diminue tous dans le même rapport, ils conserveront toujours leur même propriété. Nous retrancherons donc quatre figures à droite des logarithmes des nombres que nous fournit la Table qui est à la fin du premier Livre; & nous pourrons ensuite prendre leur longueur avec un Compas jusqu'à 100, sur notre ligne droite divisée en 2000 parties. Le logarithme de l'unité est zéro, c'est pourquoi nous marquerons l'unité au commencement de l'échelle des logarithmes des nombres. Le log. de 2 est 0.3010300, qui se réduit à 301, en séparant les quatre dernières figures. Ainsi il faudra prendre 301 avec

un Compas sur la ligne des parties égales, & portant cet intervalle sur l'échelle des log. depuis le commencement, on aura le point de 2. On trouvera le point de 3, en prenant 477 parties; on marquera 4 en prenant 602 parties, & ainsi de suite jusqu'à 100 dont le log. est de 2000, par le retranchement des quatre dernières figures.

210. Le point de 10 tombera au milieu de la longueur de l'échelle : car son log. est 1.0000000, qui se réduit à 1000, lorsqu'on supprime le point & qu'on efface les quatre derniers zéro. On abrégera une partie du travail pour les autres nombres, si on fait attention à la propriété qu'ont les logarithmes d'avoir entre eux les mêmes différences, lorsqu'ils sont les logarithmes de nombres qui ont entre eux les mêmes rapports. Ainsi lorsqu'on a marqué 9 & 10, on n'aura qu'à prendre l'intervalle entre les deux points, & on aura celui qu'on doit mettre entre 90 & 100. On peut par la même raison prendre les intervalles entre 1 & 2, entre 2 & 3, &c. & on aura les intervalles qu'on doit mettre entre 10 & 20, entre 20 & 30, &c.

211. On peut encore se servir d'une autre propriété des logarithmes pour achever plus promptement l'échelle des nombres absolus. Lorsqu'un nombre est le produit de deux autres, il n'y a qu'à prendre sur l'échelle avec un Compas les logarithmes d'un de ces derniers nombres, & si on l'ajoute au logarithme de l'autre, ou si on le met à l'extrémité, on aura le point où on doit marquer le produit. Si on prend, par exemple, la distance depuis le commencement de l'échelle jusqu'à 8, & qu'on joigne cet intervalle à celui qui exprime le log. de 9, il viendra le point où il faut marquer 72.

212. La construction des deux autres échelles ne sera guère plus difficile; elle sera seulement un peu plus longue, parce qu'on ne peut pas se servir des abrégés dont nous venons de faire mention. On cherchera dans les Tables les logarithmes-sinus ou logarithmes-tangentes; mais pour réduire celui du sinus total, ou celui de la tangente

gente de 45 degrez aux 2000 parties qu'ils doivent avoir, il ne suffira pas de retrancher quatre figures à droite, il faudra encore soustraire le nombre 8 de la caractéristique. Ainsi, pour marquer, par exemple, 15 degrez sur l'échelle des logarithmes-sinus, on cherchera dans les Tables son logarithme-sinus, qui est 9.4129962, & qui se réduira à 1413, en y faisant les changemens que nous indiquons. C'est pourquoi il faudra prendre 1413 sur la ligne divisée en 2000 parties égales, & transportant l'intervalle sur l'échelle destinée à marquer les logarithmes-sinus, on aura le point de 15 degrez.

213. Si on veut pareillement marquer sur la troisième échelle, ou sur l'échelle des tangentes, le point de 35 degrez; on supprimera les quatre derniers chiffres du logarithme-tangente 9.8452268, & on soustraira 8 de sa caractéristique. Il viendra 1845 parties, qu'il faudra prendre avec un Compas sur la ligne divisée en parties égales, & portant cet intervalle sur l'échelle des logarithmes-tangentes, on aura le point de 35 degrez. La diminution qu'on fait à la caractéristique des logarithmes-sinus & logarithmes-tangentes, est équivalente à une division; mais le changement étant absolument le même sur toutes ces quantités, c'est comme si on réduisoit les sinus & les tangentes à de moindres nombres.

I I.

Usage de l'Echelle des Logarithmes pour résoudre les Problèmes de Navigation.

214. Lorsqu'on se sert des logarithmes pour faire une Regle de Trois ou proportion, on met précisément la même différence entre les logarithmes des deux derniers termes, qu'entre les logarithmes des deux premiers. Il faut faire la même chose lorsqu'on travaille sur l'échelle des logarithmes, & l'opération est extrêmement aisée. On

ouvre un Compas commun depuis le premier terme jusqu'au second, on le porte ensuite sur le troisième terme, & l'autre pointe du Compas marque le quatrième terme. Il faut seulement avoir soin d'éviter les analogies dans lesquelles les sécantes sont employées, & faire aussi en sorte que les tangentes dont on se sert, appartiennent à des angles moindres que 45 degrez.

Solution du premier Problème.

215. Nous prendrons pour exemple la première règle composée dont il a été question ci-devant au N°. 101. On disposera les articles comme si l'on travailloit par le Quartier de réduction. La troisième route est de 80 li. à l'E $\frac{1}{4}$ S E. Ce rumb de vent qui est corrigé de la variation, vaut 78 deg. 45 min. & son complément est de 11 deg. 15 min. Je mets en même tems une des pointes du compas sur le sinus total, ou sur 90 deg. pris sur l'échelle des logarithmes-sinus, & l'autre pointe sur 80 lieues comptées sur l'échelle des nombres qui est au-dessus. Le compas se trouvera avoir une situation oblique dans cette première partie de l'opération; mais il n'en résultera aucun inconvénient, parce que l'obliquité fera la même dans le reste. Sans changer l'ouverture du compas, je porte sa première pointe sur les 78 deg. 45 min. de l'angle du rumb de vent, & l'autre pointe me marque sur les nombres 78 $\frac{1}{2}$ lieues mineures Est; je transporte ensuite le compas sur les 11 deg. 15 min. du complément du rumb de vent, & je trouve sur les nombres 15 $\frac{1}{4}$ lieues Sud. Il faut remarquer qu'on mettra moins de tems à faire cette opération, que nous n'en employons à l'expliquer. Elle est fondée sur ces deux analogies: Le sinus total est aux lieues de distance, comme le sinus du rumb de vent est aux lieues mineures, & comme le sinus complément du rumb de vent est aux lieues de différence en latitude.

216. La seconde route est de 230 lieues à l'ONO,

qui vaut 67 deg. 30 min. & dont le complément est de 22 deg. 30 min. L'échelle des nombres ne paroît aller que jusqu'à 100 ; mais ces 100 on peut les faire valoir 1000 , & même 10000 , en leur ajoutant par la pensée un ou deux zéro , & il suffira de faire la même chose à tous les autres nombres. Ainsi nous prendrons sur la première des trois échelles 20 pour 200 , & 30 pour 300 ; & par conséquent le point qui marque ordinairement 23 , fera celui dont nous nous servirons , il marquera 230. Cela supposé , j'ouvre le compas depuis 90 degrez jusqu'au point de 230 lieues , & je transporte successivement le compas sur le complément du rumb de vent 22 deg. 30 min. & sur le rumb de vent 67 deg. 30 min. Je trouve sur l'échelle des nombres $88\frac{1}{2}$ lieues & 212 ; les $88\frac{1}{2}$ lieues sont pour la différence en latitude , & les 212 sont les lieues à l'Ouest.

217. On fera la même chose pour les autres routes ; une seule ouverture de compas suffira toujours pour chacune. On cherchera ensuite le résultat des lieues Nord ou Sud , & des lieues Est ou Ouest. On fera en état après cela de déterminer le rumb de vent en droite route , & les lieues de distance , de la manière dont nous l'expliquerons en traitant du quatrième Problème (N^o. 224 & 225.) Mais ce qui est indispensable ici , c'est de réduire les lieues mineures en lieues majeures : on fera cette analogie ; le sinus complément du moyen parallèle est aux lieues mineures , comme le sinus total est aux lieues majeures. Le moyen parallèle est ici de 48 deg. 53 min. son complément est de 42 deg. 7 min. & les lieues mineures sont de 78. On prendra donc avec un compas l'intervalle entre 42 deg. 7 min. sur les sinus , & 78 lieues sur les nombres ; & transportant cette ouverture de compas depuis le sinus total , on aura 119 pour les lieues majeures.

218. *Exemple du second Problème.* On est parti de 50 deg. 30 min. de latitude Nord , & de 1 deg. de lon-

gitude. On a couru au SE 3 deg. E, jusques par 49 deg. 10 min. de latitude aussi Nord. On demande les lieues de distance & la longitude d'arrivée ?

219. Il faut faire ces deux proportions; le sinus du complément du rumb de vent est aux lieues de différence en latitude, comme le sinus total est aux lieues de distance, & comme le sinus du rumb de vent est aux lieues mineures. Ainsi nous n'avons qu'à mettre une des pointes du compas sur le complément 42 degrez du rumb de vent, & l'autre sur les lieues de différence en latitude, qui sont de $26\frac{2}{3}$. Transportant ensuite le compas sur le sinus total, on aura sur les nombres les lieues de distance 40; & si on transporte la même ouverture de compas sur le rumb de vent 48 degrez, on aura les lieues mineures $29\frac{3}{4}$.

220. On fera, comme ci-dessus, la réduction des lieues mineures en lieues majeures. On ouvrira le compas depuis 40 deg. 10 min. complément du moyen parallele, jusqu'à $29\frac{3}{4}$ lieues mineures; & le portant sur le sinus total, on aura sur les nombres $46\frac{1}{2}$ lieues majeures.

221. *Exemple du troisième Problème.* On est parti de 50 deg. 30 min. de latitude Nord, & de 35 deg. 10 min. de longitude. On a couru 45 lieues entre le Sud & l'Est, & on s'est trouvé par 49 deg. 0 min. de latitude aussi Nord. On demande le rumb de vent qu'on a suivi, & la longitude d'arrivée ?

222. La différence en latitude est de 1 deg. 30 min. ou de 30 lieues: je prends avec un compas l'intervalle entre 45 lieues de distance & le sinus total, & portant ensuite la pointe gauche sur les 30 lieues de différence en latitude, la pointe droite me donnera 42 deg. pour le complément du rumb de vent. Je porte tout de suite le compas sur l'angle du rumb de vent 48, & je trouve les lieues mineures $33\frac{1}{2}$, qu'il faudra réduire en lieues majeures de la manière dont nous l'avons déjà expliqué.

223. *Exemple du quatrième Problème.* On est parti de

40 deg. 45 min. latitude Nord, & de 354 deg. de longitude, & on est arrivé par 43 deg. 15 min. de latitude aussi Nord, & par 356 degrez 15 min. de longitude. On demande le rumb de vent & les lieues de distance?

224. La différence en longitude étant de 2 deg. 15 min. les lieues majeures sont de 45, qu'il faut réduire en lieues mineures, sur le moyen parallele 42 degrez. On se servira pour cela de la proportion dont nous avons fait usage tant de fois; le sinus total est aux lieues majeures, comme le sinus complément du moyen parallele est aux lieues mineures. Ainsi nous n'avons qu'à mettre une des pointes du compas sur 90 degrez, & l'autre sur 45 lieues; & transportant le compas sur le complément 48 degrez du moyen parallele, l'autre pointe nous marquera sur les nombres $33\frac{1}{2}$ pour les lieues mineures.

225. Ces dernières lieues étant trouvées, elles serviront, avec la différence en latitude, à déterminer l'angle du rumb de vent. On cherchera la tangente de cet angle, ou celle de son complément, selon qu'il sera plus petit ou plus grand que 45 degrez; & il n'y aura pour cela qu'à prendre toujours pour sinus total le plus grand des deux côtés, ou des lieues Nord, ou des lieues mineures. Dans le cas present la différence en latitude est de 50 lieues, & elle forme le plus grand des deux côtés. C'est pourquoi je fais cette proportion: les lieues Nord 50 sont au sinus total, que je prends à 45 degrez sur l'échelle des tangentes, comme les lieues mineures $33\frac{1}{2}$ sont à la tangente du rumb de vent qui se trouve de 33 deg. 45 minutes. Il faut remarquer que je prends le sinus total à l'extrémité de l'échelle des tangentes, afin que le compas soit dans une situation également oblique dans les deux parties de l'opération. L'angle du rumb de vent étant de 33 deg. 45 min. & la route ayant été faite entre le Nord & l'Est, on a couru exactement au NE $\frac{1}{4}$ N.

226. Il ne restera plus qu'à découvrir les lieues de distance. On mettra une des pointes du compas sur le sinus

du rumb de vent, & l'autre sur les lieues mineures, ou bien on mettra la premiere pointe sur le sinus complément $56^{\circ} 15'$. & la seconde sur les lieues mineures $33\frac{1}{2}$; & transportant le compas dans la même situation sur le sinus total, l'autre pointe marquera sur les nombres 60 lieues de distance.

Remarques sur l'usage des Echelles des Logarithmes.

227. Quoique les pratiques précédentes soient très-courtes, on les abrégera encore un peu, par la forme qu'on peut donner aux échelles. On les met quelquefois sur des regles dont on peut se servir sans compas. On trace l'échelle des nombres sur une regle, qu'on fait glisser dans une coulisse entre deux autres regles, sur lesquelles sont gravées les échelles des logarithmes - sinus & des logarithmes - tangentes. On retire ensuite simplement où on avance la regle des nombres, qui est celle du milieu, en faisant répondre les lieues de distance au sinus total, & on trouve les lieues mineures vis-à-vis de l'angle du rumb de vent pris sur les sinus, pendant que les lieues de différence en latitude se trouvent vis-à-vis du complément du rumb de vent.

228. Il m'étoit venu en pensée, il y a plus de 30 ans, pendant que j'étois au Croisic, de plier ces échelles en arc de cercle, d'en décrire une sur la circonférence d'un morceau de parchemin ou de carton taillé en rond, qui tournoit sur une autre feuille où j'avois tracé l'échelle des sinus-logarithmes. J'avois donné à cet instrument le nom de *Logampyle*, & l'usage en étoit extrêmement facile. Cependant il faut avouer que les échelles des Logarithmes, de quelque maniere qu'on les dispose, sont sujettes à une espèce de défaut qui est considérable. Les lieues de distance, les lieues mineures & les lieues de différence en latitude se trouvent étendues sur la même ligne droite, ou

sur le même arc de cercle, elles sont comme confondues ensemble; ce qui rend plus fréquentes ou plus possibles les méprises, dans une matiere où elles ne sont pas tolérables. Lorsqu'on donne au contraire la préférence au Quartier de réduction, chaque quantité se trouve à sa juste place, & toutes les opérations parlent, pour ainsi dire, aux yeux. Il faut encore compter pour beaucoup, que si l'instrument est grossièrement fait, on s'en apperçoit tout d'un coup & presque sans examen.

CHAPITRE IV.

De la Construction des Tables des Latitudes croissantes, & de la manière de s'en servir pour résoudre les Problèmes de Navigation.

229. **L**Es Méthodes précédentes de naviguer sont suffisamment exactes dans la pratique, pourvu qu'on ait soin, comme nous en avons expressément averti, de réduire ses routes chaque jour, & qu'on ne fasse jamais ces prétendues réductions générales auxquelles on a quelquefois recours, faute de connoître toute la limitation des regles ordinaires. Lorsque les routes sont très-courtes, ou pour parler plus exactement, lorsque le changement en latitude est médiocre, quoique la route puisse être très-longue, la supposition qu'on fait que les lieues mineures ont été courues sur un parallele qui tient précisément le milieu entre les deux latitudes, n'est sujette à aucune erreur sensible. Mais si la différence en latitude est fort grande, & qu'on ait en même tems beaucoup de lieues mineures à réduire, le défaut du moyen parallele peut devenir considérable. Ainsi pour perfectionner l'art, & avoir un terme

de comparaison auquel on puisse recourir dans les rencontres extraordinaires, on a besoin de quelqu'autre Méthode plus exacte.

I.

Trouver la différence en longitude avec exactitude pour les plus longues Routes, principalement pour celles qui font un angle de 45 degrez avec le Méridien.

230. L'unique expédient qui se présente pour éviter le défaut du moyen parallele, consiste à partager la route en de très-petites portions, & à en faire la réduction séparément. On peut rendre les parties plus ou moins petites; mais il est certain que si on a couru au NE, & qu'on considère à part chaque portion de la route qui répond à une minute de différence en latitude, on pourra traiter à tous égards le petit triangle loxodromique comme parfaitement rectiligne. On n'aura aussi aucune erreur à craindre de la part du moyen parallele; puisqu'il seroit même indifférent de faire alors la réduction pour la longitude sur le parallele de la latitude du départ, ou sur celui de la latitude d'arrivée de la petite portion de route. Cette méthode est extrêmement longue; mais outre qu'on peut l'abréger, il suffit de l'appliquer en particulier à une seule loxodromie comme celle du NE.

231. Lorsque deux routes sont comprises entre les mêmes latitudes, les différences en longitude qu'elles produisent, sont exactement comme les Tangentes de leurs obliquités ou des angles qu'elles font avec le Méridien. C'est ce qu'on appercevra aisément par un peu d'attention. La différence en latitude étant la même pour les deux routes, les lieues mineures seront comme les Tangentes des deux angles de rumb de vent; & lorsqu'on réduira ces lieues mineures en lieues majeures, le moyen parallele,

parallele, quel qu'il soit, étant exactement le même, les deux différences en longitude seront encore dans le même rapport, elles seront toujours l'une à l'autre comme les Tangentes des deux rumb de vent. C'est ce qu'on voit également en divisant les routes par petites portions. Les petites parties correspondantes qui seront comprises entre les mêmes parallèles à l'Equateur, produiront de petites différences en longitude proportionnelles aux Tangentes des obliquités des rumb de vent. Ainsi il suffit de calculer une fois pour toutes, les différences en longitude pour une seule loxodromie, pour le NE, par exemple; & si on en compose une Table, on la fera servir pour les autres rumb de vent, en ne faisant qu'une simple proportion. La Tangente de 45 degrez est à la longitude que fournit la Table pour le NE, comme la Tangente de l'obliquité de tout autre rumb de vent sera à la différence en longitude requise.

232. Il ne s'agit donc que de calculer immédiatement les différences en longitude pour le NE. Si *AI* (Fig. 53.) représente cette route, & qu'on la suppose divisée réellement en petites portions qui répondent à chaque minute de différence en latitude, toutes les parties *AF*, *FG*, *GH*, &c. de la loxodromie, seront égales entr'elles, & toutes les petites quantités *LF*, *MG*, *NH*, &c. avancées vers l'Est, seront chacune d'un mille ou d'un tiers de lieue. Quant aux petites différences en longitude correspondantes, elles augmenteront à mesure qu'on avancera vers le Pole: elles deviendront plus grandes dans le même rapport que le Sinus total sera plus grand que le Sinus complément de la latitude, ou que la Sécante de la latitude sera plus grande que le Sinus total. Les petits côtés *LF*, *MG*, *NH*, &c. qui représentent les lieues mineures, étant exactement d'un mille ou d'un tiers de lieue, nous ferons cette analogie; le Sinus total est à un mille comme la Sécante de chaque latitude sera à la petite différence en longitude, ou au petit arc de l'Equateur correspondant.

233. Il suit de-là que nous n'avons qu'à prendre successivement dans les Tables des Sinus, toutes les Sécantes de minute en minute, & les ajouter ensemble; & que si nous retranchons 5 figures à la droite, celles de la gauche nous donneront les différences en longitude, exprimées en minutes pour le NE. C'est de cette sorte qu'on a calculé la Table que nous insérerons à la fin de ce Chapitre. Si on y cherche vis-à-vis de 62 deg. 0 min. on trouvera 4775 parties ou minutes, parce que la somme de toutes les Sécantes de minute en minute donne 4775 milles majeurs ou minutes pour la différence en longitude totale, lorsqu'on part de l'Equateur, & qu'on court au NE jusques par 62 deg. de latitude. Si après qu'on a trouvé la différence en longitude pour 62 deg. de latitude, on veut trouver de combien elle augmente lorsqu'on continue à courir au NE jusques par 62 deg. 10 min. il n'y a qu'à ajouter les dix Sécantes suivantes, & retrancher toujours cinq figures à la droite pour tenir lieu de la division par 100000; il viendra $21\frac{1}{2}$ minutes, ou plutôt 21.35316 pour l'augmentation, & on aura 4796 minutes, valeur de 79 deg. 56 min. pour la différence en longitude totale.

234. La Table qui indique ces quantités, porte le nom de *Table des Latitudes croissantes*, parce qu'elle marque en même tems les accroissemens qu'on doit donner aux degrez du Méridien dans les Cartes réduites. On peut se ressouvenir que nous suivions précisément en effet la même méthode dans le second Livre * pour les déterminer. Ce sont deux différentes vûes qu'on peut avoir en faisant la même opération: on peut en cherchant la somme de toutes les Sécantes dont on retranche cinq figures, se proposer de découvrir les différences en longitude exprimées en minutes pour le NE; ou bien vouloir trouver l'extension qu'il faut donner aux parties du Méridien dans les Cartes Marines. Plusieurs Auteurs & principalement Snellius, ne s'occupèrent que du premier de ces objets sans jamais penser au second qui en étoit néanmoins si

* Voyez
N°. 112. &
suiv.

voisin : ils ne firent pas cette remarque qui nous paroît maintenant si simple , qu'aussi-tôt qu'on veut représenter les rumbs de vent par des lignes droites sur les Cartes, il faut donner aux parties du Méridien des longueurs exactement égales aux changemens de longitude produits par le NE.

II.

Seconde Méthode de calculer les différences en longitude pour les Rumbs de vent , dont l'obliquité est de 45 degrez.

235. Nous avons une autre méthode beaucoup plus courte pour trouver les différences en longitude pour le NE ; mais dont il sera d'un autre côté beaucoup plus difficile d'appercevoir la raison. On prendra dans les Tables des Logarithmes-Sinus & Tangentes dont la caractéristique est suivie de sept figures, les Tangentes logarithmiques qui répondent à la moitié de la distance de chaque latitude à un des Poles ; on prendra toujours la différence de ces Logarithmes , & la divisant par le nombre constant $1263\frac{1}{3}$, on aura au quotient la différence en longitude requise exprimée en minutes.

236. *Premier Exemple.* Supposons qu'on soit parti de l'Equateur , & qu'en courant au NE , on soit arrivé par 62 degrez de latitude. L'Equateur & le parallele de l'arrivée sont éloignés du Pole du Nord , de 90 degrez & de 28 ; la moitié de ces distances est 45 deg. & 14. J'en cherche les Logarith. Tang. 10.0000000 , & 9.3967711 , & divisant leur différence par $1263\frac{1}{3}$, il me vient 4775 minutes pour la différence en longitude ; ce qui s'accorde parfaitement avec la Table des latitudes croissantes.

237. *Second Exemple.* On part de 30 degrez de latitude Sud , on court au NE jusques par 70 degrez de latitude Nord ; & on demande la différence en longitude. On n'a qu'à prendre la distance des deux paralleles jusqu'à l'un ou

H h h ij

l'autre Pole. Les deux distances au Pole du Nord sont de 120 & de 20 deg. dont les moitiés sont de 60 degrez & de 10. J'en cherche les Log. Tang. & divisant leur différence 9922418 par $1263\frac{1}{3}$, il me vient 7854 minutes pour la différence en longitude, qu'on trouve aussi la même dans la Table des Latitudes croissantes, en ajoutant 1888 min. qui est la différence en longitude qui répond à 30 deg. avec 5966 qui répond à 70 deg.

Démonstration de la Méthode précédente de calculer les différences en longitude.

Fig. 78.

238. Pour démontrer l'exactitude de cette Méthode, nous supposerons que la ligne courbe *AFGH* (Fig. 78.) représente la loxodromie dont l'obliquité est de 45 deg. sur le Globe *NASE*; & qu'à peu près de la même manière qu'on a représenté les deux moitiés du Ciel sur le plan de l'Equateur, dans les deux Cartes célestes qu'on a vûes, on se propose aussi de représenter toute la surface de la Terre sur le plan de l'Equateur *ABDE*. Nous supposerons d'abord l'œil du Spectateur dans le Pole *S*. Alors les quarts de Méridien *AN*, *BN*, &c. seront représentés par les rayons *AC*, *BC*, &c. de l'Equateur; les paralleles à l'Equateur le seront par des cercles qui auront le point *C* pour centre, & la loxodromie *AFH* le fera par la ligne courbe *AMNR*.

239. Les deux Méridiens *NBS* & *NDS* étant infiniment voisins l'un de l'autre, la petite portion *FG* de la loxodromie doit être considérée comme une ligne droite, de même que la petite différence en latitude *FI* qui y répond, & le petit côté *IG* qui est une portion du parallele à l'Equateur, dont le centre est en *K*, & dont *IK* & *GK* sont deux rayons. Si des trois points *F*, *I* & *G*, on tire trois lignes droites au Pole *S*, leur rencontre avec le plan de l'Equateur, nous donnera le petit triangle *MPN*, qui représentera le petit triangle loxodromique *FIG*. Le

petit côté PN fera une petite portion d'arc de cercle, dont le centre est en C ; de sorte que PC & NC sont égaux. D'un autre côté les lignes MC & NC étant perpendiculaires à CS , qui est un des rayons du Globe, ces lignes sont égales aux Tangentes des angles en S ; c'est-à-dire que MC est la Tangente de l'angle MSC qui a pour mesure la moitié de la distance du point F au Pole N du Nord, comme le sçavent les Lecteurs qui sont initiés dans la Géométrie élémentaire; & on peut dire la même chose de PC ou de NC . De sorte que tous les points F , I , G , &c. de la surface du Globe, sont représentés sur le plan de l'Equateur par des points M , P , N , &c. qui sont éloignés du centre C de la Sphère, de distances égales aux Tangentes de la moitié du complément des latitudes.

240. Nous imaginerons après cela une infinité d'autres Méridiens qui partagent l'Equateur en petites parties égales à BD . La loxodromie se trouvera divisée en même tems, en autant de petites parties, mais qui seront inégales entr'elles, & qui iront en diminuant, à mesure qu'on considérera des points de la ligne courbe plus avancés vers le Pole. Le rayon BC ou BD de l'Equateur, sera au petit arc BD , comme le Sinus complément IK ou GK de la latitude du point G sera au petit espace IG qui tient lieu de milles mineurs de la petite portion de route FG , & qui est égal à FI , puisque notre loxodromie est le NE . Ainsi dans la supposition que nous venons de faire de la circonférence de l'Equateur divisée en petites parties parfaitement égales entr'elles, il y a un rapport constant des Sinus de complémens IK de chaque latitude aux petites différences en latitude FI . Ce rapport est continuellement le même; puisqu'il est égal à celui du rayon ou Sinus total à chacune des petites parties égales BD de l'Equateur.

241. La seconde des trois lignes droites que nous avons tirées des points F , I & G au Pole S , coupera au dedans du Globe au point O , le Sinus FL qui est parallele

Fig. 78.

à IK ; & nous aurons le petit triangle IFO qui sera isocelle. Il suffit, pour s'en assurer, de faire attention que le petit arc FI peut être considéré comme une portion de la Tangente qui toucheroit le Globe ou le Méridien en F ou en I . Il s'ensuivra de-là que dans le petit triangle IFO , l'angle en I a pour mesure la moitié de l'arc IBS . Mais l'angle en O a pour mesure la moitié d'un arc égal, sçavoir de l'arc Si , qui est de l'autre côté de la Terre : car dans la rigueur l'angle O a pour mesure la moitié de Sf moins la moitié de FI . Mais on peut sur la grandeur de l'arc Si négliger if & IF , qui sont infiniment petits.

242. Ainsi le petit triangle IFO est isocelle; le petit côté OF est égal à FI ; & puisqu'il y a un rapport constant entre les Sinus IK & les petits arcs FI , il y aura aussi un rapport constant entre ces Sinus & FO . Ce même rapport subsiste entre FL & FO ; car on peut négliger la différence infiniment petite qui se trouve entre IK & FL ; & ce même rapport doit encore se trouver entre MC & MP . Nous voyons donc que lorsqu'on divise l'Equateur en une infinité de parties égales, les Tangentes de la moitié du complément des latitudes de tous les points correspondans de la loxodromie, vont continuellement en diminuant en progression géométrique vers les Poles : chacune de ces Tangentes, comme MC , est à son excès MP sur la Tangente suivante NC , dans le même rapport que le rayon est à une des petites parties BD de l'Equateur.

243. On peut tirer différentes conséquences de cette remarque; mais nous nous contenterons de tirer celle-ci. Si l'on prend les Logar. des Tang. de la moitié des complémens des latitudes des points F , G , &c. de la loxodromie, les différences de ces Logarithmes seront exactement égales entr'elles, à cause de la propriété des Logarithmes; & on pourra comparer ces différences aux petits arcs BD de l'Equateur, qui sont aussi égaux entr'eux. On peut prendre même un certain nombre de ces différen-

ces logarithmiques pour en former des différences plus grandes, & pourvu qu'on prenne le même nombre de petits arcs de l'Equateur, le rapport subsistera toujours. Or comme ce raisonnement est le même pour toutes les parties de la loxodromie, nous reconnoissons cette vérité importante; que si on considère deux points dans cette ligne courbe, & que si on prend les Tangentes-Logarithmes de la moitié de la distance de ces deux points au Pole, il y aura même rapport de la différence de ces deux Logarithmes à l'arc de l'Equateur correspondant, ou à la différence en longitude, que de toute autre différence des Log. Tangentes à la différence en longitude correspondante.

244. Nous pouvons maintenant appercevoir avec facilité la raison sur laquelle est fondée la règle prescrite ci-devant. Si l'on part de l'Equateur, & qu'en courant au NE, on parvienne par une minute de latitude, on n'aura avancé à l'Est qu'un tiers de lieue ou un mille; & ce progrès à l'Est produira une minute de changement en longitude, parce qu'on est encore, pour ainsi dire, sur l'Equateur. Or si l'on prend les Logarithmes-Tangentes des moitiés des deux distances au Pole, sçavoir, de 45° . & de $44^{\circ}. 59\frac{1}{2}'$. on trouvera pour leur différence $1263\frac{1}{3}$; & puisqu'il y aura même rapport à l'égard de toutes les autres parties de la loxodromie, on n'aura qu'à faire la Règle de Trois suivante: $1263\frac{1}{3}$ est au petit arc de l'Equateur, d'une minute, comme la différence des Tangentes logarithmiques de la moitié des distances de deux autres points quelconques de la loxodromie au Pole, fera aux minutes de différence en longitude entre ces deux points.

245. Une remarque qui se présente ici, & qui paroîtra curieuse, c'est que si sur l'échelle des Logarithmes-Tangentes, on change l'ordre des chiffres, & qu'après avoir écrit zéro au point de 45° . on mette 5° . à la place de $42\frac{1}{2}^{\circ}$. qu'on écrive 10° . à la place de 40° . 15° . à la place de $37\frac{1}{2}^{\circ}$, &c. l'échelle des Logarithmes-

Fig. 78.

Fig. 78.

Tangentes se trouvera convertie en échelle des latitudes croissantes, propre à servir de Méridien à une Carte réduite. On ne doit jamais oublier que les parties de cette dernière échelle expriment les longitudes par rapport aux latitudes pour le N E. Or lorsqu'après avoir écrit zéro à la place de 45 degrez sur l'échelle des Log. Tang. on met 5 degrez à la place de $42\frac{1}{2}$ deg. & 10 à la place de 40, &c. on rend les différences en longitude proportionnelles aux différences des Log. Tang. des moitiés des distances de chaque point de la loxodromie au Pole. En effet 45 deg. est la moitié du complément de la latitude zéro, & 40 est la moitié du complément de la latitude 10 deg. C'est pourquoi on marque zéro & 10 aux points de 45 & de 40. 246. Lorsqu'on transforme ainsi l'échelle des Logarith. Tangentes en échelle des latitudes croissantes, les degrez de l'Equateur doivent toujours être égaux, comme il est évident, au premier degré du Méridien; mais comme la moindre erreur pourroit se multiplier, si l'on se régloit sur ce degré unique, on peut voir dans la Table des Latitudes croissantes que $50\frac{1}{2}$ degrez de l'Equateur sont égaux à 45 degrez du Méridien de la Carte, ou à l'intervalle compris entre 45 deg. & 22 deg. 30 min. pris sur l'échelle des Logarithmes - Tangentes avant sa transformation. Nous faisons abstraction du défaut de rondeur de la Terre, lorsque nous disons que 45 degrez sur le Méridien de la Carte réduite sont égaux à $50\frac{1}{2}$ deg. de longitude: car dans la rigueur ils ne doivent être égaux qu'à 50 deg. 3 min. comme on le verra dans le Chapitre suivant.

III.

*Résolution des Problèmes de Navigation
par la Table des Latitudes croissantes.*

247. S'il s'agit de résoudre un premier Problème, on cherchera la différence en latitude comme dans le Chapitre

pitre second, par les Sinus ou par les Logarithmes. A l'égard des autres Problèmes, on fera toujours en sorte d'avoir le rumb de vent & les latitudes du départ & de l'arrivée; & on aura ensuite recours aux latitudes croissantes pour trouver la différence en longitude. On verra dans la Table les parties croissantes qui répondent aux deux latitudes; on soustraira les unes des autres, si les deux latitudes sont de même dénomination; mais on les ajoutera ensemble, si le point du départ & le point d'arrivée sont de différens côtés de l'Equateur. On aura de cette sorte la différence en longitude exprimée en minutes pour la route du NE, qui conduiroit d'une latitude à l'autre. Supposé qu'on n'eût pas de Table des latitudes croissantes, on chercheroit cette même différence en longitude par la méthode du N°. 235. Enfin il ne restera plus que cette proportion à faire : Le Sinus total ou la Tangente de 45^d . est aux parties croissantes de différence en latitude, ou à la différence en longitude pour le NE, comme la Tangente du rumb de vent sur lequel on a réellement couru, est à la différence en longitude requise.

Exemple du premier Problème.

248. On est parti des environs de la Martinique, par 14 deg. 40 min. de latitude N, & 318 deg. de long. & on a couru 1000 lieues au NE $\frac{1}{4}$ E. On demande la latitude & longitude d'arrivée. Je trouve d'abord la différence en latitude par les méthodes ordinaires. Il me vient 555.6 lieues Nord, qui valent 27 deg. 47 min. Ainsi la latitude d'arrivée est de 42 deg. 27 min. Nord. Je cherche ensuite dans la Table des latitudes croissantes les parties qui répondent à la latitude du départ, & à celle de l'arrivée. Je trouve 890 & 2818 dont la différence est de 1928; & ce nombre marqueroit donc la différence en longitude, si on avoit couru au NE. La différence en longitude actuelle sera plus grande, parce qu'on a couru

au NE $\frac{1}{4}$ E : on la trouvera par cette analogie qu'on pourra faire par les Logarithmes ; la Tangente de 45 deg. est à 1928 min. différence en longitude qui conviendrait au NE, comme la Tangente de 56 deg. 15 min. sera à 2886 minutes pour la différence en longitude requise. C'est-à-dire qu'elle est de 48 deg. 6 min. & on sera donc par 6 deg. 6 min. de longitude. On verra après cela, si l'on consulte la Carte, qu'on est arrivé très-proche du Cap de Finisterre.

249. Lorsqu'on résoud le même Problème en se servant du moyen parallele, il vient 946.6 lieues majeures, valeur de 47 deg. 20 min. de différence en longitude ; de forte qu'on tombe dans une erreur d'environ 46 min. en défaut sur la longitude.

Exemple du quatrième Problème.

250. On demande combien il y a de chemin, en suivant toujours le même rumb de vent, depuis l'Isle-de-Fer jusqu'aux Antipodes de cette Isle. L'Isle-de-Fer est par 27 deg. 48 min. de latitude Nord, & nous la supposons par 0^d. de longitude. On veut donc déterminer le chemin qu'il faut faire pour se rendre par 27 deg. 48 min. de latitude Sud, & 180 degrez de longitude.

251. Les parties croissantes qui répondent à 27 deg. 48 min. sont 1738, & c'est le même nombre pour l'autre latitude ; nous les ajoutons, parce que les latitudes sont de différentes dénominations, & nous avons 3476 parties croissantes de différence en latitude, ou 3476 minutes de différence en longitude pour le SE, ou pour la route dont l'obliquité seroit de 45 deg. au lieu que notre différence en longitude actuelle est de 180 degrez, ou de 10800 minutes. Il nous faut donc faire la proportion suivante pour trouver l'angle du rumb de vent ; les 3476 min. de différence en longitude pour le SE, sont à 10000 Tangente de 45 deg. comme 10800 minutes de diffé-

rence en longitude actuelle font à la Tangente du rumb de vent qu'on trouve d'un peu plus de 72 deg. $9\frac{1}{2}$ min. C'est à-dire qu'en partant de l'Isle-de-Fer, il n'y a qu'à suivre l'E S E 4 deg. $39\frac{1}{2}$ min. E, ou l'O S O 4^d. $39\frac{1}{2}$ min. O, & on se rendra au point de la Terre, qui est diamétralement opposé à cette Isle. Les deux routes y conduisent également, parce que la différence en longitude est la même par un côté que par l'autre.

252. La différence en latitude est donnée; elle est de 55 deg. 36 min. valeur de 1112 lieues Sud. Le complément du rumb de vent est de 17 deg. $50\frac{1}{2}$ min. & si on cherche les lieues de distance, on les trouvera de presque 3629 $\frac{1}{2}$. Le chemin seroit un peu plus court, si au lieu de se conduire sur une loxodromie ou rumb de vent, on alloit comme en ligne droite, en suivant toujours exactement la même direction. On décriroit le demi cercle; & le chemin seroit de 3600 lieues, moitié de la circonférence de la Terre: mais on voit combien la différence est peu considérable, malgré l'extrême longueur de la route.

Exemple du cinquième Problème.

253. On est parti de 60 deg. 45 min. de latitude Nord, & de 15 deg. de longitude. On a couru au N E $\frac{1}{4}$ N, & on est arrivé par 19 deg. 30 min. de longitude. On demande les lieues de distance & la latitude d'arrivée. La différence en longitude est de 4 deg. 30 minutes, ou de 270 min. & l'angle du rumb de vent est de 33^d. 45^m. Nous trouverons les parties croissantes de différence en latitude, en faisant cette analogie: La Tangente du rumb de vent est au 270 min. de différence en longitude actuelle, comme le Sinus total ou la Tangente de 45 deg. est aux parties croissantes de différence en latitude. Il vient 404, qu'il faut ajouter aux parties croissantes de la latitude du départ, parce qu'ayant couru au Nord, on a

dû augmenter en latitude. Les parties croissantes qui répondent à 60 deg. 45 min. sont 4619 , & si on y ajoute 404 , il viendra 5023 qui répondent dans la Table à 63^{d.} 53^{m.} C'est la latitude d'arrivée , qui est conforme à ce que nous avons trouvé en résolvant le même Problème dans le cinquième article du second Chapitre de cette Section.

254. La différence en latitude étant trouvée , il sera facile de trouver les lieues de distance : on fera pour cela une des analogies ordinaires.

255. Il ne nous reste plus qu'à ajouter que les latitudes croissantes ne sont d'aucun usage pour la solution de tous les Problèmes précédens , lorsque la route a été faite précisément à l'Est ou à l'Ouest. Il faut alors se servir simplement des Tables des Sinus , & réduire les lieues mineures en lieues majeures sur le parallele de la latitude du départ. Il vaudroit même mieux se servir du moyen parallele , si la différence en latitude étoit extrêmement petite , & que la quantité dont on a avancé vers l'Est ou vers l'Ouest , fût tout-à-fait grande. Dans ce cas les méthodes ordinaires seroient exactes , comme nous avons déjà eu occasion d'en avertir.



256. *TABLE DES LATITUDES CROISSANTES*
ou des longueurs qu'on doit donner aux divisions
du Méridien dans les Cartes réduites.

M	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
0	0	60	120	180	240	300	360	421	482	542	603	664	725	787	848
10	10	70	130	190	250	310	370	431	492	552	613	674	735	797	859
20	20	80	140	200	260	320	380	441	502	562	623	684	746	807	869
30	30	90	150	210	270	330	390	451	512	573	634	695	756	818	879
40	40	100	160	220	280	340	400	461	522	583	644	705	766	828	890
50	50	110	170	230	290	350	410	471	532	593	654	715	776	838	900
M	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°
0	910	973	1035	1098	1161	1225	1289	1354	1419	1484	1550	1616	1684	1751	1819
10	921	983	1046	1109	1172	1236	1300	1364	1429	1495	1561	1628	1695	1762	1831
20	931	993	1056	1119	1183	1246	1311	1375	1440	1506	1572	1639	1706	1774	1842
30	941	1004	1067	1130	1193	1257	1321	1386	1451	1517	1583	1650	1717	1785	1854
40	952	1014	1077	1140	1204	1268	1332	1397	1462	1528	1594	1661	1729	1797	1865
50	962	1025	1088	1151	1214	1278	1343	1408	1473	1539	1605	1672	1740	1808	1877
M	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
0	1888	1958	2028	2099	2171	2244	2318	2393	2468	2545	2623	2702	2782	2863	2946
10	1900	1970	2040	2111	2184	2256	2330	2405	2481	2558	2636	2715	2795	2877	2960
20	1911	1981	2052	2123	2196	2269	2343	2418	2494	2571	2649	2728	2809	2890	2974
30	1923	1993	2064	2135	2208	2281	2355	2430	2506	2584	2662	2741	2822	2904	2988
40	1935	2005	2076	2147	2220	2293	2368	2443	2519	2597	2675	2755	2836	2918	3002
50	1946	2017	2088	2159	2232	2306	2380	2456	2532	2610	2688	2768	2849	2932	3016
M	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°
0	3030	3116	3203	3291	3382	3474	3569	3655	3764	3865	3967	4074	4183	4294	4409
10	3044	3130	3217	3306	3397	3490	3585	3681	3780	3882	3985	4092	4201	4313	4429
20	3058	3144	3232	3321	3412	3506	3601	3698	3797	3899	4003	4110	4219	4332	4448
30	3072	3159	3247	3337	3428	3521	3617	3714	3814	3916	4021	4128	4238	4351	4468
40	3087	3173	3262	3352	3443	3537	3633	3731	3831	3933	4038	4146	4257	4370	4488
50	3101	3188	3275	3367	3459	3553	3649	3747	3848	3951	4056	4164	4275	4389	4507
M	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°
0	4527	4649	4775	4905	5039	5179	5323	5474	5631	5794	5966	6146	6335	6534	6746
10	4547	4670	4796	4927	5062	5202	5348	5500	5658	5822	5995	6176	6367	6569	6782
20	4568	4691	4818	4949	5085	5226	5373	5525	5685	5851	6025	6208	6400	6603	6819
30	4588	4712	4839	4972	5108	5250	5398	5552	5712	5879	6055	6240	6433	6638	6856
40	4608	4733	4861	4994	5132	5275	5423	5578	5739	5908	6085	6271	6467	6674	6894
50	4629	4755	4883	5017	5155	5299	5448	5604	5767	5937	6115	6303	6500	6710	6932
M	75°	76°	77°	78°	79°	80°	81°	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°	89°
0	6970	7210	7467	7745	8046	8375	8739	9141	9606	10137	10765	11533	12522	13917	16300
10	7009	7251	7512	7793	8099	8433	8804	9218	9689	10234	10881	11679	12719	14216	16926
20	7048	7294	7557	7842	8152	8494	8869	9292	9774	10334	11002	11832	12927	14543	17694
30	7088	7336	7603	7892	8207	8552	8936	9368	9861	10437	11127	11992	13149	14906	18682
40	7138	7379	7650	7942	8262	8614	9005	9446	9951	10542	11257	12160	13387	15311	20075
50	7169	7423	7697	7994	8318	8676	9074	9525	10043	10652	11392	12334	13641	15770	22458

CHAPITRE V.

Du Changement que doit apporter dans toutes les Règles ou Méthodes précédentes le défaut de rondeur de la Terre.

257. **N** O U S avons toujours supposé jusques ici que la Terre étoit exactement ronde ; mais toutes les règles précédentes doivent recevoir quelques légères modifications, lorsqu'on a égard au défaut de sphéricité de la Terre. Nous avons considéré tous les degrez de latitude comme exactement égaux, nous les avons faits de 20 lieues marines, & nous avons confondu les tiers de lieue, ou les milles, avec les minutes de degré de grand cercle. Il est néanmoins évident qu'il faut distinguer entre les tiers de lieue & les minutes, si les degrez du Méridien sont inégaux. Il seroit inutile de changer la grandeur de la lieue selon les différentes latitudes ; la différence entre la longueur des degrez seroit dans le fond toujours la même : d'ailleurs la variété des lieues ne pourroit que causer des équivoques. Cela supposé on ne peut dans la rigueur évaluer les degrez de latitude sur le pied de 20 lieues ; & les méthodes de trouver la différence en longitude par la réduction de la route, sont aussi toutes sujettes à quelque léger défaut.

Fig. 79.

258. Les Méridiens terrestres, au lieu d'être exactement des cercles, sont des espèces d'ovales dont le diamètre, qui est dans le sens de l'Equateur, est plus grand que l'axe. La Figure 79 nous représente un de ces Méridiens ; mais dans lequel nous avons exagéré le défaut de rondeur, afin de le rendre sensible. N & S sont les deux Poles, & NS est l'Axe, autour duquel il faut supposer

que la ligne courbe fait une révolution pour former le solide de la Terre. EQ est le diamètre de l'Equateur, & il est plus long que l'Axe d'environ une 178^{me} partie. Le Méridien n'étant pas un cercle, il a comme différens centres, & ses rayons sont aussi plus ou moins grands, selon que sa courbure en chaque endroit est plus ou moins subite. En E où la courbure est la plus grande, la partie du Méridien, qui est aux environs de ce point, a son centre en D : c'est vers ce centre que tendent les fils à plomb, lorsqu'on est aux environs de l'Equateur. On peut juger de la longueur du rayon ED par la longueur du premier degré de latitude, & on connoît cette dernière longueur par les observations faites au Pérou *. Si l'on s'éloigne de l'Equateur, si l'on parvient en B , le centre de la courbure qu'a le Méridien en cet endroit, sera en F ; le rayon sera alors BF ; les degrez du Méridien seront égaux à ceux d'une portion de cercle dont le rayon seroit de même longueur. Qu'on avance jusqu'au Pole en N , le centre sera en G , & les degrez du Méridien doivent s'y trouver plus grands que partout ailleurs.

259. Heureusement que toutes ces différences ne sont pas fort grandes; mais il falloit s'en assurer, & c'est ce qui rendoit nécessaires les opérations ordonnées par le Roi, qui, en faisant travailler à l'éclaircissement d'une question de fait dont dépend presque toute la Physique, a voulu que son amour pour les Sciences fût utile à toutes les Nations qui fréquentent la Mer. L'inégalité entre les degrez, quoique réelle, est très-petite, & on peut en sauver une partie, en réglant la lieue marine, comme nous l'avons fait, sur la grandeur moyenne des degrez, ou au moins sur celle qu'ils ont dans les parties de la Terre qu'on peut parcourir: il est évident qu'on réduit de cette sorte à la moitié l'inégalité qu'on néglige. Les Lecteurs en jugeront mieux, lorsqu'en jettant les yeux sur la Table que nous donnerons de la diverse grandeur des degrez, ils verront les changemens qu'il faudroit introduire

Fig. 79.

* Voyez les
N^o. 28. & suiv.
du II. Livre.

en conséquence dans les pratiques des Pilotes.

260. Je connois deux Auteurs qui se sont proposé de mettre de ces sortes de Tables entre les mains des Navigateurs. Le premier est M. Murdoch, qui, sans attendre que les opérations entreprises au Pérou fussent achevées, attribua à la Terre un applatissement vers les Poles, qui est certainement beaucoup plus grand que le réel. D'ailleurs il ne conforma point la grandeur de la lieue marine sur celle du degré moyen; ce qui ne contribua pas peu à faire paroître plus grandes les corrections qu'il vouloit qu'on employât. L'autre Auteur, dans un Ouvrage plein de sçavoir, a rendu la différence entre les diamètres beaucoup plus petite; il ne l'a faite que d'une 266^e partie: mais j'ai tout lieu de croire qu'il l'a trop diminuée, & ce qui en a été principalement cause, c'est qu'il a fait le premier degré du Méridien un peu trop grand. Il a de cette sorte fait disparoître une partie de l'inégalité entre les degrez; & le Méridien a dû prendre ensuite une figure plus approchante de la circulaire.

261. J'ai montré dans le Livre de la figure de la Terre, comment, en observant d'une manière particulière, on a pû commettre quelques légères erreurs qui ont dû faire trouver le degré trop grand. L'événement a justifié ce que je prévoyois même au Pérou; la différence s'est trouvée dans le sens qu'il falloit, & confirme ma détermination dans laquelle j'ai eu toutes les attentions nécessaires, comme je crois l'avoir mis hors de doute. Lorsque nous partîmes d'Europe en 1735, toute la partie de l'Astronomie-pratique dont dépendoit le succès de notre voyage, n'avoit pas été assez approfondie. Il y a donc un grand choix à faire en cette matière; mais pourvû qu'on le fasse en pesant attentivement toutes les circonstances, on verra non-seulement que la Terre a une forme applatie, ce que personne ne conteste maintenant, mais que la quantité de l'applatissement ne peut pas être éloignée de celle que j'ai tâché d'établir.

262. *T A B L E de la grandeur des degrez du Méridien , de celle des Arcs de Latitude , & des Corrections qu'il faut appliquer aux Latitudes croissantes des Cartes réduites.*

Latitudes.	Grandeur des degrez.	Arcs de Latitude.	Corr. soustr. des Latit. croiss.	Latitudes.	Grandeur des degrez.	Arcs de Latitude.	Corr. soustr. des Latit. croiss.	Latitudes.	Grandeur des degrez.	Arcs de Latitude.	Corr. soustr. des Latit. croiss.
Degrez	Toises.	Milles.	Min.	Degrez	Toises.	Milles.	Min.	Degrez	Toises.	Milles.	Min.
0	56748	00.0									
1		59.8		31		1852.2		61		3653.2	
2		119.5		32		1912.0		62		3713.6	
3		179.3		33		1971.8		63		3773.9	
4		239.0		34		2031.6		64		3834.3	
5	56748	298.7	3	35	56851	2091.5	20	65	57395	3894.7	39
6		358.4		36		2151.3		66		3955.1	
7		418.2		37		2211.1		67		4015.5	
8		477.9		38		2270.9		68		4076.0	
9		537.7		39		2330.8		69		4136.5	
10	56749	597.3	6	40	56912	2390.9	24	70	57496	4197.0	41
11		657.1		41		2450.8		71		4257.5	
12		716.8		42		2510.7		72		4328.2	
13		776.6		43		2570.6		73		4388.7	
14		836.3		44		2630.6		74		4449.2	
15	56752	896.0	8	45	56988	2690.7	27	75	57583	4499.9	43
16		955.8		46		2750.7		76		4560.5	
17		1015.6		47		2810.7		77		4621.1	
18		1075.3		48		2870.7		78		4681.8	
19		1135.1		49		2930.8		79		4742.4	
20	56761	1194.8	11	50	57078	2991.0	30	80	57650	4803.1	44
21		1254.5		51		3051.1		81		4863.8	
22		1314.3		52		3111.3		82		4924.5	
23		1374.1		53		3171.4		83		4985.2	
24		1433.8		54		3231.6		84		5045.9	
25	56779	1493.6	14	55	57180	3291.7	34	85	57692	5106.7	45
26		1553.4		56		3351.9		86		5167.4	
27		1613.2		57		3412.2		87		5228.1	
28		1673.0		58		3472.4		88		5288.8	
29		1732.6		59		3532.7		89		5349.6	
30	56808	1792.4	17	60	57287	3592.9	37	90	57707	5410.3	

263. J'ai marqué dans cette Table la grandeur des degrez du Méridien, exprimée en toises. On ne les a encore mesurés qu'en trois endroits de la Terre; mais ces trois mesures nous mettent en état de juger de la progression qu'ils suivent. Je me suis contenté de les marquer de 5 degrez en 5 degrez. La même Table indique la longueur des arcs du Méridien, qui commencent à l'Equateur: Ce sont les arcs *EB* dans la *Fig. 79*. On trouve, par exemple, 2991 milles ou tiers de lieue vis-à-vis de 50 degrez; c'est-à-dire que les 50 degrez qui auroient 1000 lieues, ou 3000 milles de longueur, si la Terre étoit parfaitement sphérique, n'ont réellement que 2991 milles, qui sont toujours chacun de 950 toises. On voit assez que les nombres de cette colonne sont les sommes de ceux de la première, mais qu'on a convertis de toises en milles.

264. Enfin les dernières colonnes marquent les corrections qu'il faut faire aux latitudes croissantes à cause de la figure non-sphérique de la Terre. Toutes ces corrections sont soustractives, parce que toutes les pratiques précédentes pour la réduction des lieues de longitude, pèchent en excès. Il est facile d'en voir la raison en jetant les yeux sur la *Figure 79*. Supposé qu'on navigue aux environs du point *B*, le rayon de l'arc de cercle qui imite la courbe du Méridien en cet endroit, est *BF*, & lorsqu'on compare le Sinus total aux lieues majeures, & les lieues mineures au Sinus complément de la latitude, on fait la réduction comme si le parallèle à l'Equateur n'avoit que *BK* pour rayon. Mais le rayon du parallèle est réellement plus grand; le centre de ce parallèle est en *I*. Ainsi ce cercle a ses degrez plus grands qu'on ne les suppose; & puisqu'on les fait trop petits, il est clair que dans l'évaluation des lieues en deg. on se trompe en excès; on se trompe dans le même rapport que *BI* est plus grand que *BK*. C'est en examinant cette différence que j'ai dressé la petite Table du N°. 124; & c'est sur le même principe que j'ai calculé les corrections qu'il faut appli-

quer aux latitudes croissantes ou aux changemens en longitude pour le N E. J'ai déjà expliqué ceci dans le Livre de la Figure de la Terre, & je vais l'éclaircir ici davantage par rapport à la pratique.

265. *Exemple du premier Problème.* On est parti de $14^{\text{d.}}$ $40^{\text{min.}}$ de latitude Nord, & de $318^{\text{deg.}}$ de longitude, & on a couru 1000 lieues au N E $\frac{1}{4}$ E : On demande le point d'arrivée. Nous trouvons par la résolution du triangle loxodromique 1666.7 milles au Nord. Il n'y a point d'erreur dans cette détermination; on a avancé réellement de cette quantité vers le Nord : mais l'inégalité entre les degrez du Méridien est cause que ces 1666.7 milles ne valent pas précisément 1666.7 minutes, ou $27^{\text{d.}}$ $47^{\text{m.}}$. Ainsi il y a un petit circuit à prendre pour trouver la latitude d'arrivée. Je trouve, en prenant des parties proportionnelles dans la Table du N°. 262, que les $14^{\text{deg.}}$ $40^{\text{min.}}$ de la latitude du départ valent 876.1 milles ou tiers de lieue : j'y ajoute les 1666.7 milles avancés au Nord, & il me vient 2542.8 milles pour la distance du point d'arrivée à l'Equateur, laquelle répond dans la Table à $42^{\text{deg.}}$ $32^{\text{min.}}$ & c'est la latitude d'arrivée; au lieu de $42^{\text{deg.}}$ $27^{\text{min.}}$ que nous trouvions en supposant la Terre exactement sphérique.

266. Il nous reste après cela à trouver la différence en longitude. La Table des latitudes croissantes nous donne 1935 minutes pour la quantité dont on auroit changé en longitude si on avoit couru au N E : car on trouve dans cette Table 890 vis-à-vis de $14^{\text{deg.}}$ $40^{\text{min.}}$ & 2825 vis-à-vis de $42^{\text{deg.}}$ $32^{\text{min.}}$ mais cette Table a besoin d'une petite correction. Nous devons ôter 8 min. des 890 parties, & 25 ou 26 min. des 2825, c'est ce qu'on trouve dans la dernière colonne de la Table du N°. 262 vis-à-vis de $14^{\frac{2}{3}}^{\text{deg.}}$ & vis-à-vis de $42^{\frac{1}{2}}^{\text{deg.}}$. On aura donc $1917^{\frac{1}{2}}$ parties croissantes de différence en latitude, & il n'y aura plus qu'à faire cette analogie : 100000 est aux $1917^{\frac{1}{2}}$ parties, ou à la différence en lon-

gitude pour le NE, comme la Tangente 149661 de l'angle du rumb de vent est à 2870 minutes pour la différence en longitude actuelle. La différence en longitude est donc de 47 deg. 50 min. & on est arrivé par 5 deg. 50 min. ce qui nous apprend que la détermination de la longitude par la méthode ancienne pêche, eu égard à tout, de 16 min. en excès.

267. Le Lecteur est déjà averti que les latitudes croissantes ne sont pas d'usage, lorsqu'on court exactement à l'Est ou à l'Ouest. Il faudroit dans ce cas faire également deux petites opérations à cause du défaut de rondeur de la Terre. On examineroit d'abord combien on auroit de lieues, si on avoit assujetti les divisions du Loch à la grandeur qu'a le degré du Méridien dans le parage où on navigue. Si l'on est, par exemple, par 30 deg. de latitude, & qu'on ait fait 300 lieues à l'Est, je considère que ces lieues sont toujours de 2850 toises, & qu'elles supposent que le degré est exactement de 57000 toises. Dans l'endroit où l'on est, le degré est moins grand; il n'est que de 56808 toises; si on le prenoit donc pour règle, la lieue se trouveroit plus petite; & quoique nous ne fissions que le même chemin, nous compteries un plus grand nombre de lieues. Nous n'avons, pour trouver ce nombre, qu'à faire cette proportion : 56808 est à 57000, comme 300 lieues ou 900 milles sont à 301 lieues, ou 903 milles. On trouvera la même chose en employant deux premiers termes beaucoup plus petits. Le trentième degré de latitude n'est que de 59. 8 milles, ce qu'on connoît en prenant dans la Table du N°. 262 la différence de deux arcs de latitude, consécutifs aux environs de 30 degrez. On fera ensuite cette analogie : 59. 8 milles sont à 60, comme 900 milles sont à 903, valeur qu'auroit le chemin qu'on a couru, supposé que la longueur de la lieue eût été réglée sur celle du degré du Méridien dans le point où l'on se trouve.

268. Ces 903 milles tiendroient exactement lieu de

milles mineurs, si la route avoit été faite précisément à l'Est ou à l'Ouest. On trouveroit 1043 milles majeurs, ou 17 deg. 23 min. par les méthodes ordinaires. Mais la figure de la Terre nous oblige d'y faire un petit changement : car lorsque nous trouvons 1043 milles majeurs, nous supposons que BK (Fig. 79.) est le rayon du parallèle à l'Equateur; au lieu que c'est BI . Nous supposons donc dans la réduction ordinaire, comme on l'a déjà vu, les degrez du parallèle trop petits, & c'est la même chose des degrez de l'Equateur. La petite Table du N^o. 124. nous servira dans cette rencontre; elle nous apprendra qu'il faut retrancher une 109^{me} partie de la différence en longitude : c'est que KI est la 109^{me} partie de BI . Enfin il nous viendra 1034 milles ou minutes, ou 17 deg. 14 min. pour notre différence en longitude, qui sera moindre de 5 min. que celle qu'on trouve en considérant la Terre comme sphérique.

269. Si la différence en latitude étoit donnée, comme dans le second Problème général de Navigation, de même que le rumb de vent, la Table des Latitudes croissantes fourniroit toujours immédiatement la différence en longitude pour le NE; pourvu qu'on y fit la petite correction soustractive indiquée dans notre dernière Table; & on déduiroit ensuite la différence actuelle en longitude. D'un autre côté, lorsqu'on voudroit découvrir les lieues ou milles de distance, il faudroit chercher d'abord la valeur en milles de l'arc de différence en latitude. Cette valeur ne seroit pas la même que la différence en latitude en minutes; & ce seroit entre la valeur en milles & le chemin, qu'on mettroit le rapport du Sinus complément du rumb de vent au Sinus total.

270. Nous ne croyons pas qu'il soit nécessaire d'insister davantage sur ces différentes choses qu'on doit toujours négliger sans doute dans la pratique. Mais avant que de terminer ce Traité, nous donnerons pour un certain nombre de degrez les longueurs corrigées que doivent avoir les

parties du Méridien dans les Cartes réduites. Nous avons eu occasion de remarquer qu'entre les personnes qui tra-

vailent à la composition des Cartes marines, plusieurs se contentent d'imiter la graduation de quelques anciennes Cartes qui sont quelquefois très-mal construites. C'est ce qui nous fait croire que la petite Table ci-jointe sera de quelque utilité. On y voit que les 10 premiers degrez du Méridien doivent être égaux à 9 deg. 57 min. pris sur l'Equateur; que les 15 premiers degrez doivent être égaux à 15 deg. 2 min. de l'Equateur; & ainsi de suite. On sent assez que lorsque la Carte réduite ne commencera pas à l'Equateur, la petite Table sera également propre à marquer l'étendue des divisions du Méridien. Si la Carte commence, par exemple, à 50 deg. de la-

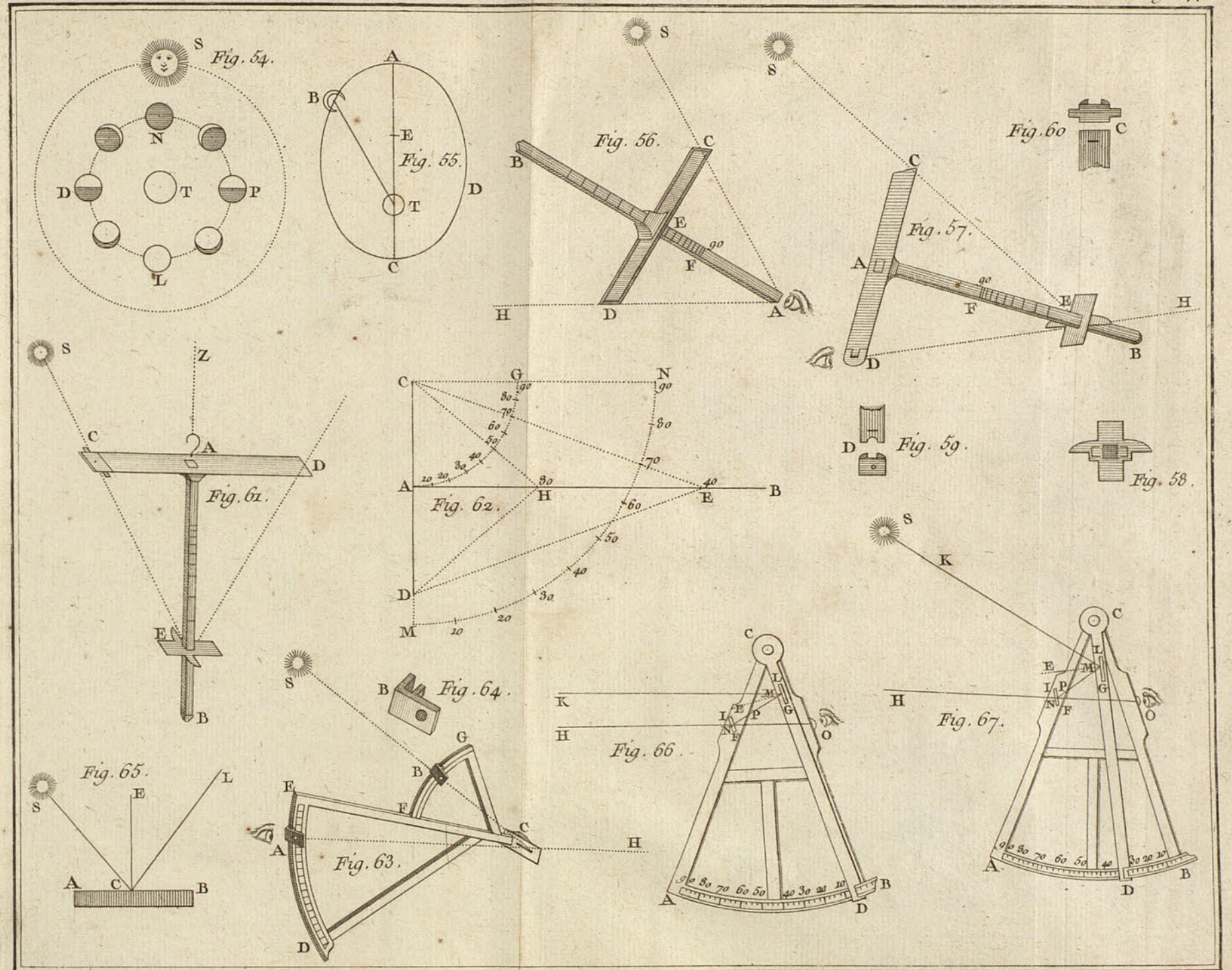
TABLE des Longueurs qu'il faut donner aux parties du Méridien des Cartes réduites, en degrez de l'Equateur.

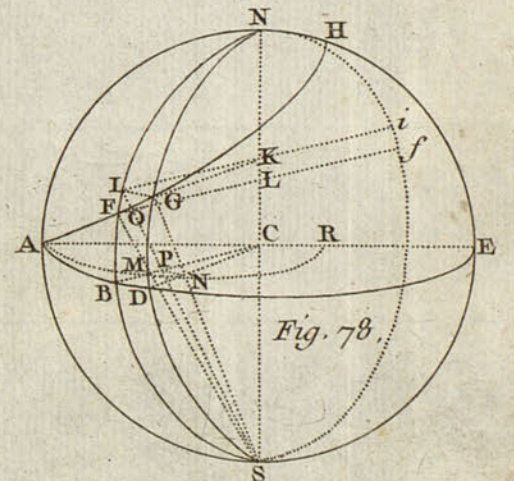
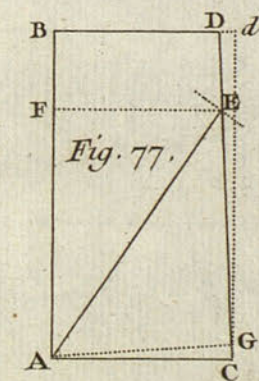
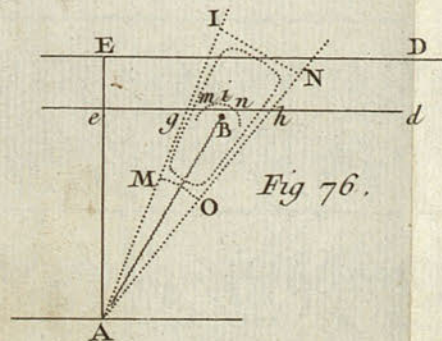
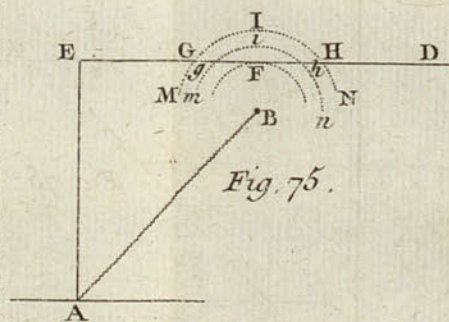
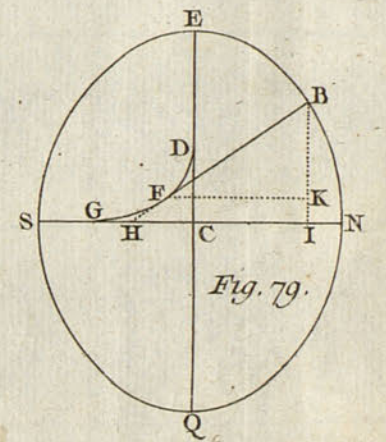
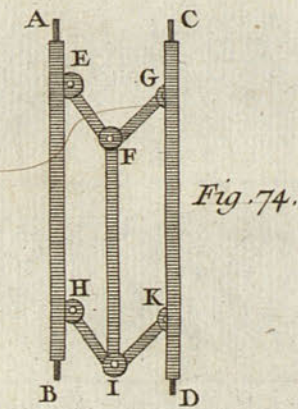
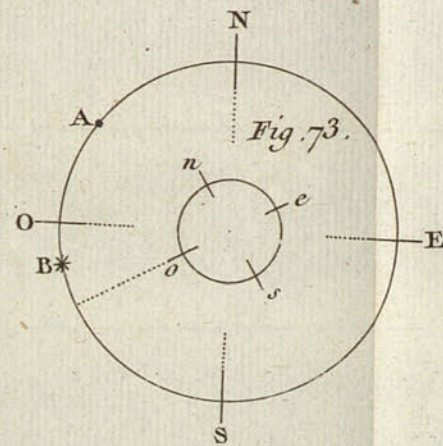
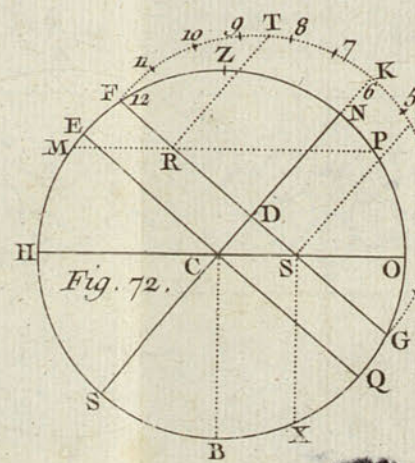
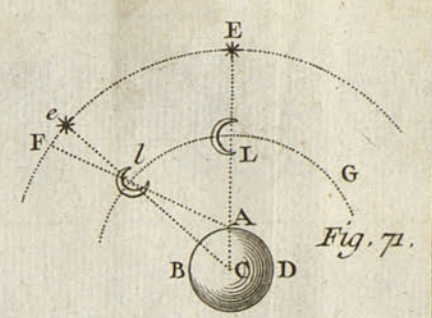
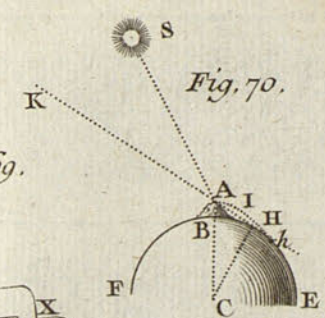
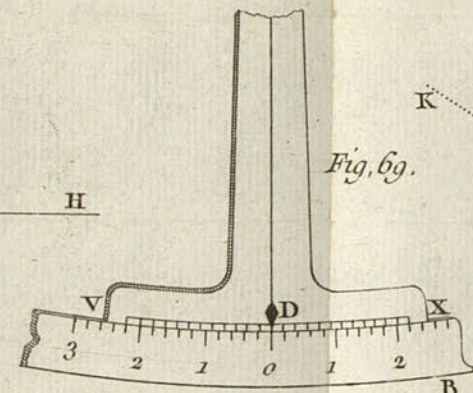
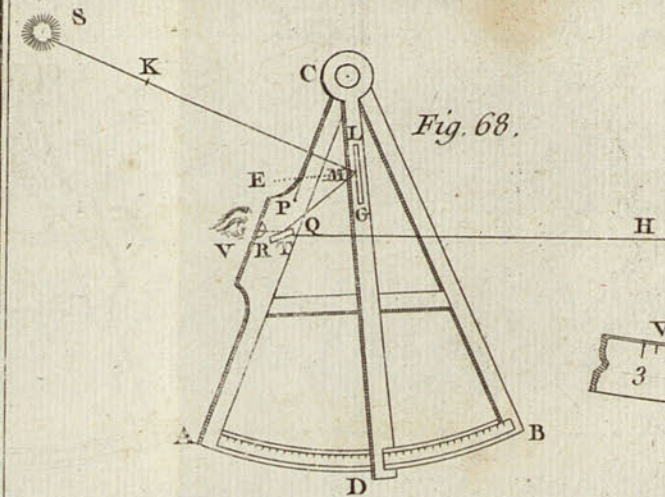
Parties du Méridien	Longueurs en degrez de l'Equateur.	
Degrez.	Deg.	Min.
5	4.	57
10	9.	57
15	15.	2
20	20.	14
25	25.	36
30	31.	11
35	37.	4
40	43.	19
45	50.	3
50	57.	24
55	65.	33
60	74.	50
65	85.	40
70	98.	45
75	115.	27
80	138.	51
85	178.	40

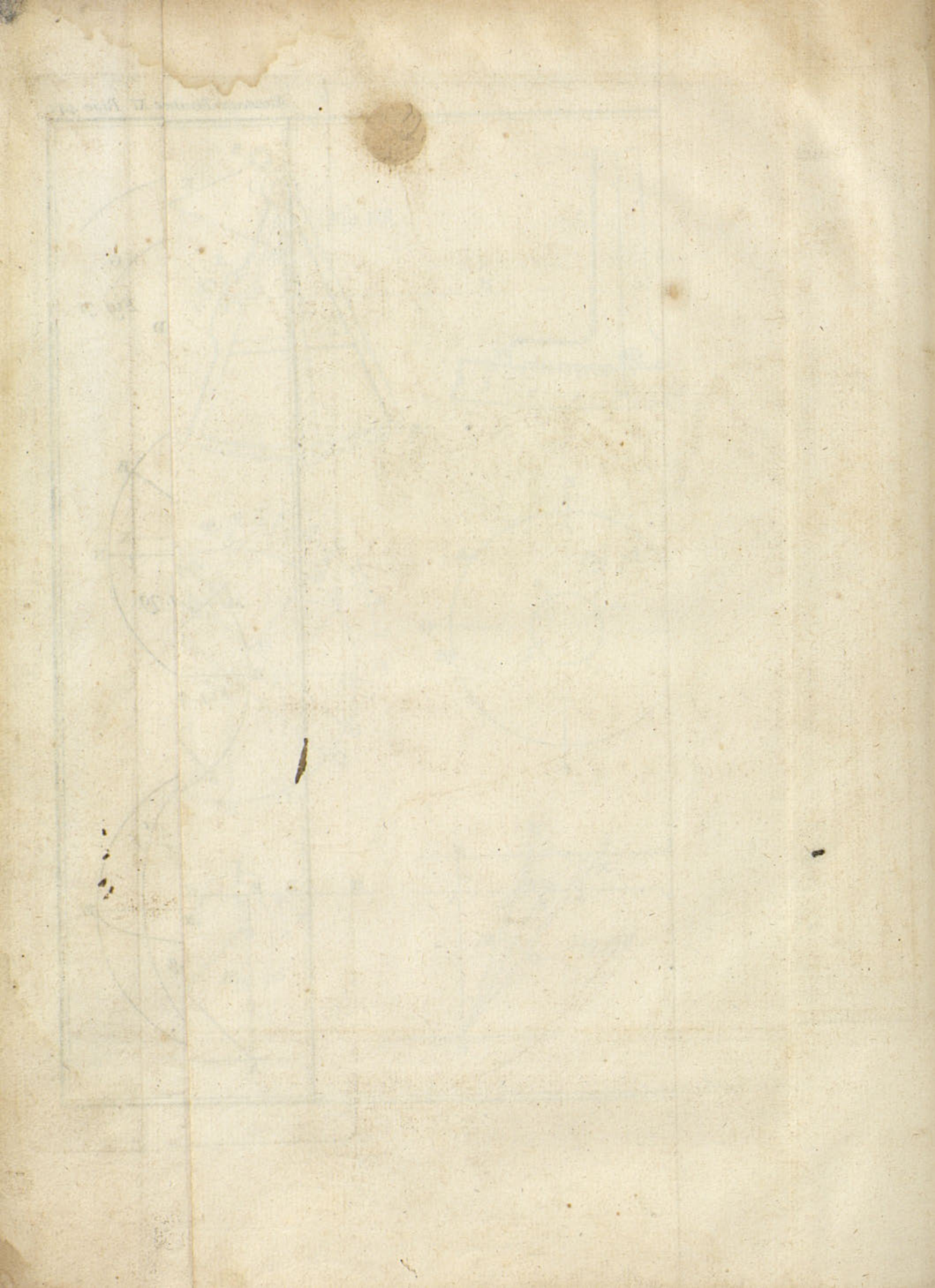
titude, & finit à 65, il faudra rendre la portion du Méridien égale à 28 deg. 16 min. de longitude, différence de 57 deg. 24 min. & de 85 deg. 40 min.

Fin du cinquième & dernier Livre.













A

1531052



UNIVERSIDAD DE SEVILLA



600702767

c 26132084





